



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

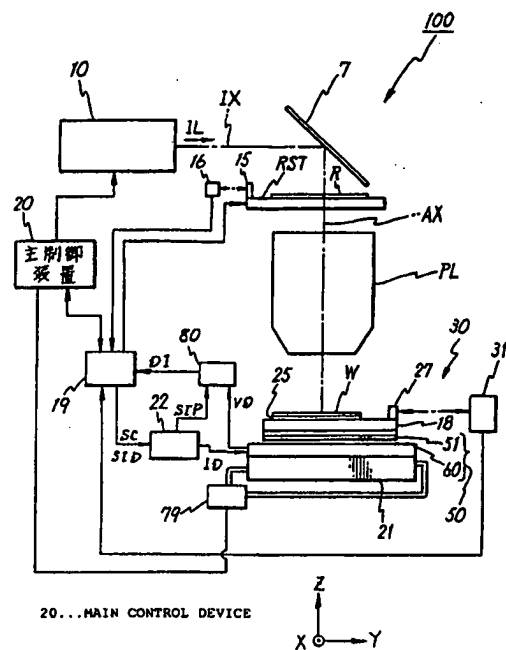
<p>(51) 国際特許分類7 H02P 7/00, H02K 41/03, G05D 3/12, G01B 7/00, H01L 21/027, G03F 9/00, G12B 5/00</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO00/46911</p> <p>(43) 国際公開日 2000年8月10日(10.08.00)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP00/00558</p> <p>(22) 国際出願日 2000年2月2日(02.02.00)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平11/26840 1999年2月4日(04.02.99) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ) 田中慶一(TANAKA, Keiichi)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 立石篤司(TATEISHI, Atsuji) 〒194-0013 東京都町田市原町田5丁目4番20号 パセオビル5階 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 AE, AL, AU, BA, BB, BG, BR, CA, CN, CR, CU, CZ, DM, EE, GD, GE, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MA, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, SG, SI, SK, TR, TT, UA, US, UZ, VN, YU, ZA, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54)Title: FLAT MOTOR DEVICE AND ITS DRIVING METHOD, STAGE DEVICE AND ITS DRIVING METHOD, EXPOSURE APPARATUS AND EXPOSURE METHOD, AND DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(54)発明の名称 平面モータ装置及びその駆動方法、ステージ装置及びその駆動方法、露光装置及び露光方法、並びにデバイス及びその製造方法

(57) Abstract

The inductances of the coils constituting a stator (60) and variable with the relationship of position between a mover (51) having a magnetism generating body and the stator (60) are measured by means of an inductance measuring instrument to determine the distribution of inductance in the stator (60). From the distribution, the two-dimensional position and posture of a stage member (18) are found. According to the results, the direction and magnitude of the current flowing through each coil are controlled, thereby controlling the position of the stage member (18). Thus, irrespective of the position and posture of the stage member (18), the position of the stage member (18) can be controlled.



(57)要約

発磁体を有する可動子（５１）と固定子（６０）との位置関係に応じて変化する、固定子（６０）を構成する各コイルのインダクタンスを、インダクタンス測定器を使用して測定することによって、固定子（６０）におけるインダクタンス分布を求める。そして、求められたインダクタンス分布に基づいて、ステージ部材（１８）の２次元位置及び姿勢を検出する。この検出結果に基づいて、各コイルに供給される電流の向きや大きさを制御することにより、ステージ部材（１８）の位置制御を行う。この結果、ステージ部材（１８）の位置や姿勢に拘わらず、ステージ部材（１８）の位置制御を行うことが可能となる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AG	アンティグア・バーブーダ	DZ	アルジェリア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	レソト	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
CA	カナダ	GW	ギニア・ビサウ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
CF	中央アフリカ	HR	クロアチア	MN	モンゴル	TZ	タンザニア
CG	コンゴ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CH	スイス	ID	インドネシア	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CI	コートジボアール	IE	アイルランド	MX	メキシコ	US	米国
CM	カメルーン	IL	イスラエル	ME	モザンビーク	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IN	インド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	IS	アイスランド	NL	オランダ	YU	ユーゴスラヴィア
CU	キューバ	IT	イタリア	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェッコ	KE	ケニア	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
		KR	韓国				

## 明 細 書

平面モータ装置及びその駆動方法、ステージ装置及びその駆動方法、露光装置及び露光方法、並びにデバイス及びその製造方法

## 技術分野

本発明は、平面モータ装置及びその駆動方法、ステージ装置及びその駆動方法、露光装置及び露光方法、並びにデバイス及びその製造方法に係り、さらに詳しくは、駆動力を発生する平面モータ装置及びその駆動方法、前記平面モータ装置によりステージを駆動するステージ装置及びその駆動方法、前記ステージ装置によってステージ上に載置された物体の位置制御を行いつつ露光を行う露光装置及び露光方法、並びに、前記露光装置を利用して製造されるデバイス及びその製造方法に関する。

## 背景技術

従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「基板」又は「ウエハ」という）上に転写する露光装置が用いられている。こうした露光装置としては、いわゆるステッパ等の静止露光型の投影露光装置や、いわゆるスキャニング・ステッパ等の走査露光型の投影露光装置が主として用いられている。これらの種類の投影露光装置では、レチクルに形成されたパターンをウエハ上の複数のショット領域に順次転写する必要から、ウエハを保持して2次元移動可能なステージ装置が設けられている。

かかるステージ装置には、高精度露光のために高精度の位置制御性が求められており、また、露光動作のスループット向上のために高速の位置制御性が求められている。これに応じて、近年では、ウエハをより高速に、機械的な案内面の精度等に影響されず高精度に位置制御を行うとともに、機械的な摩擦を回避して長寿命とするために、ウエハが載置されたテーブルを非接触で2次元方向に駆動することにより、ウエハを位置制御するステージ装置が開発されている。かかる非接触駆動のステージ装置の駆動源としては、可変磁気抵抗駆動方式のリニアパルスモータを2軸分結合させた構造の平面モータを用いたステージ装置や、例えば特開昭58-175020号公報及び米国特許第5196745号等の開示されているような電磁力駆動方式を採用した駆動装置としての平面モータを用いたステージ装置が提案されている。

電磁力駆動方式はローレンツ力に基づく理論的設計が容易であり、高帯域まで電流と推力との線形性が良く、かつ無鉄心の場合には推力むらも少ないため、制御性に優れている利点があったが、可変磁気抵抗駆動方式並みの駆動力を得ることが従来は困難であった。しかし、最近における永久磁石の高性能化は目覚しく、エネルギー積が $3 \times 10^5$  [T · A / m] (約 $4 \times 10^7$  [G · Oe])以上の永久磁石が市場に出始めてきており、電磁力駆動方式が脚光を集めている。

以上のように高駆動力化が可能となった電磁力駆動方式の平面モータは、磁石を有する磁極ユニットと電機子コイルを有する電機子ユニットとを備えており、磁極ユニットが発生する空間的に周期的な交番磁界に対向する電機子ユニットの電機子コイルに電流を供給することにより、電磁相互作用による駆動力を発生している。かかる電機子ユニットへの電流の供給にあたっては、電機子ユニットと磁極ユニットとの位置関係に応じて、例えば多相の正弦波状の電流を電機子コイルに供給することによって、電機子ユニットと磁極ユニットとの相対位置及び相対速度の制御を実現している。したがって、電機子ユニットと

磁極ユニットとの相対位置関係の検出は欠かせなく、移動面に沿った並進移動（X方向及びY方向移動）に加えて、移動面の直交軸（Z軸）回りの回転（ $\theta$ ）すなわち姿勢も制御するためには、少なくとも3つの位置検出手段が必要である。

かかる位置検出手段として、露光装置においては、例えば非接触で高分解能を得ことができる複数のレーザ干渉計を含むレーザ干渉計システムが用いられている。レーザ干渉計は、固定側に設置され可動側であるステージに搭載された移動鏡にレーザを照射し反射した光を検出することで位置を演算するものである。したがって、ステージの位置X、Y、姿勢 $\theta$ は高い分解能で検出可能である。しかし、レーザ干渉計では、レーザ光の射出位置と反射光の受光位置とが固定されているため、その反射光検出限界により検出できるステージの姿勢角が制限されるので、何らかの誤動作や外乱によりステージの姿勢が大きく変動した場合には、ステージの位置及び姿勢が検出不能となり、ステージの位置制御（姿勢制御を含む）を中断せざるを得ず、かつ、ステージの位置制御の再開のために人手の介入が必要であった。

本発明は、かかる事情のもとでなされたものであり、その第1の目的は、可動子と固定子との位置関係にかかわらず、固定子に対する可動子の位置や姿勢を検出可能な平面モータ装置を提供することにある。

また、本発明の第2の目的は、ステージの姿勢の変動量にかかわらず、ステージの位置や姿勢を検出可能なステージ装置及びその駆動方法を提供することにある。

また、本発明の第3の目的は、ステージの姿勢の変動量にかかわらず、ステージの位置及び姿勢を検出しつつ、露光動作のためにステージの位置制御が可能な露光装置及び露光方法を提供することにある。

また、本発明の第4の目的は、微細パターンが精度良く形成されたデバイス及びその製造方法を提供することにある。

## 発明の開示

本発明は、第１の観点からすると、コイルを有する固定子と発磁体を有する可動子とを備え、前記可動子を移動面に沿って移動させる平面モータ装置であって、前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記コイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、前記可動子の位置情報を検出する制御装置を備えていることを特徴とする第１の平面モータ装置である。ここで、「発磁体」とは、磁石や磁石群を含み、能動的に磁界を発生するものであり、上述の磁極ユニットと同等のものである。

これによれば、制御装置が、固定子と可動子との相対位置関係によって生じる、固定子が有するコイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、可動子の位置情報を検出する。したがって、何らかの誤動作や外乱等の原因により、可動子の固定子に対する位置や姿勢が大きく変動した場合にも、固定子に対する相対位置関係という可動子の位置情報を継続して検出することができる。

本発明の第１の平面モータ装置では、前記固定子が複数のコイルを有し、前記制御装置が、前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記複数のコイルに関するインダクタンス分布に基づいて、前記可動子の位置情報を検出することができる。かかる固定子が複数のコイルを有する場合には、各コイルのインダクタンスに関する情報から得られるインダクタンス分布に基づいて、可動子の位置情報を精度良く検出することができる。

ここで、前記固定子が、磁性体材料から成り、前記複数のコイルを支持するコイル支持部材を有する構成とすることができる。かかる場合には、磁気回路が磁性体材料から成るコイル支持部材を介して構成されるので、低磁気抵抗を有する安定した磁気回路が構成できるとともに、固定子と可動子との相対位置関係に応じてコイルのインダクタンスが大きく変化するようになる。このため、インダクタンス分布に基づく可動子の位置情報の検出が容易となる。

また、本発明の第1の平面モータ装置では、前記可動子の位置情報を、前記移動面を規定する第1の軸方向及び第2の軸方向に関する各位置情報と、前記第1、第2の軸に直交する第3の軸に関する回転方向の位置情報との少なくとも1つを含む位置情報とすることができる。すなわち、検出する可動子の位置情報を、移動面と平行な面内における3自由度方向の任意の1以上の方向に関する位置情報とすることができる。

また、本発明の第1の平面モータ装置では、前記制御装置が、前記可動子の位置情報の検出結果に基づいて前記コイルに供給する電流を制御する構成とすることができる。かかる場合には、制御装置が、可動子の位置情報の検出結果に基づいて、コイルに供給する電流を制御することにより、コイルに発生するローレンツ力を制御することができ、可動子に対する駆動力である当該ローレンツ力の反力を制御することができる。したがって、可動子の位置に応じて可動子に対する駆動力を制御することにより、可動子の位置制御を精度良く行うことができる。

また、本発明の第1の平面モータ装置では、前記発磁体が、前記移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石を有する構成とすることができる。また、前記発磁体が、磁性体材料から成り、前記複数の磁石を支持する磁石支持部材を更に有する構成とすることができる。かかる場合には、磁気回路が磁性体材料から成る磁石支持部材を介して構成されるので、低磁気抵抗を有する安定した磁気回路が構成できるとともに、磁石支持部材とコイルとの位置関係に応じてコイルのインダクタンスが大きく変化するようにできる。このため、インダクタンス分布に基づく可動子の位置情報の検出が容易となる。

また、本発明の第1の平面モータ装置では、前記発磁体が、前記移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石を有する構成とすることができる。かかる場合には、安定した磁気回路の構成のために磁性体部材が不要となる構成とすることができるので、可動子の軽量化を図ることができる。

なお、発磁体が、移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石と、移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石との双方を有する構成とすることも勿論可能である。

また、本発明の第１の平面モータ装置では、前記コイルのインダクタンスを測定するインダクタンス測定器を備える構成とすることができる。かかる場合には、インダクタンス測定器が、コイルのインダクタンスを測定して、制御装置に供給することにより、制御装置が、コイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、可動子の位置情報を検出することとすることができる。

本発明は、第２の観点からすると、コイルを有する固定子と磁石を有する可動子とを備え、前記可動子を移動面に沿って移動させる平面モータ装置であって、前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記コイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、前記可動子の位置を制御する制御装置を備えていることを特徴とする第２の平面モータ装置である。

これによれば、制御装置が、固定子と可動子との相対位置関係によって生じる、固定子が有するコイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、可動子の位置を制御する。したがって、何らかの誤動作や外乱等の原因により、可動子の固定子に対する位置や姿勢が大きく変動した場合にも、可動子の位置を継続して精度良く制御することができる。

本発明の第２の平面モータ装置では、前記固定子が複数のコイルを有し、前記制御装置が、前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記複数のコイルに関するインダクタンス分布に基づいて、前記可動子の位置を制御する構成とすることができる。かかる場合には、各コイルのインダクタンスに関する情報から得られるインダクタンス分布に基づくことにより、可動子の位置を精度良く制御することができる。

また、本発明の第２の平面モータ装置では、前記コイルのインダクタンスを測定するインダクタンス測定器を備える構成とすることができる。かかる場合



には、インダクタンス測定器が、コイルのインダクタンスを測定して、制御装置に供給することにより、制御装置が、コイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、可動子の位置を制御することができる。

本発明は、第3の観点からすると、上述の本発明の平面モータ装置と、前記可動子に接続されたステージ部材とを備えることを特徴とする第1のステージ装置である。

これによれば、本発明の第1の平面モータ装置における可動子にステージ部材を接続し、可動子の位置情報を上述のようにして検出することにより、何らかの誤動作や外乱等の原因により、ステージ部材の固定子に対する位置や姿勢が大きく変動した場合にも、ステージ部材の位置情報を継続して検出することができる。

また、本発明の第2の平面モータ装置における可動子にステージ部材を接続し、可動子の位置を上述のようにして制御することにより、何らかの誤動作や外乱等の原因により、ステージ部材の固定子に対する位置や姿勢が大きく変動した場合にも、ステージ部材の位置に応じてステージ部材の位置を制御することができる。

本発明は、第4の観点からすると、移動面に沿って移動するステージ部材と；発磁体を有し、前記ステージ部材に設けられた可動子と、複数のコイルを有する固定子とを備え、前記ステージ部材を電磁力により駆動する駆動装置と；前記コイルのインダクタンスを測定するインダクタンス測定器と；前記インダクタンス測定器による測定結果に基づき、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御する制御装置と；を備えることを特徴とする第2のステージ装置である。

これによれば、インダクタンス測定器による、駆動装置の固定子と可動子との相対位置関係によって生じるコイルのインダクタンスの測定結果に基づいて、制御装置が、コイルに供給する電流を制御することにより、駆動装置による

ステージ部材に対する駆動力を制御して、ステージ部材の位置制御を行う。したがって、何らかの誤動作や外乱によりステージ部材の位置や姿勢が大きく変動した場合にも、ステージ部材の位置や姿勢に拘わらず、可動子ひいてはステージ部材と固定子との相対位置関係に応じて、ステージ部材の位置制御を精度良く行うことができる。

本発明の第2のステージ装置では、前記発磁体は、前記移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石を有する構成とすることができる。更に、前記ステージ部材が非磁性体材料から成り、前記発磁体が、磁性体材料から成り、前記複数の磁石を支持する磁石支持部材を有する構成とすることができる。かかる場合には、磁気回路が磁性体材料から成る磁石支持部材を介して構成されるので、低磁気抵抗を有する安定した磁気回路が構成できるとともに、磁石支持部材とコイルとの相対位置関係に応じてコイルのインダクタンスが大きく変化するので、測定されたインダクタンスに基づくステージ部材の位置情報検出が容易となるとともに、精度良く迅速にステージ部材の位置制御を行うことができる。

また、本発明の第2のステージ装置では、前記発磁体が、前記移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石を有する構成とすることができる。かかる場合には、安定した磁気回路の構成のために磁性体部材が不要となる構成とすることができるので、可動子の軽量化を図ることができる。

また、本発明の第2のステージ装置では、前記固定子が、磁性体材料から成り、前記複数のコイルを支持するコイル支持部材を有する構成とすることができる。かかる場合には、磁気回路が磁性体材料から成るコイル支持部材を介して構成されるので、低磁気抵抗を有する安定した磁気回路が構成できるとともに、固定子と可動子との相対位置関係に応じてコイルのインダクタンスが大きく変化するので、測定されたインダクタンスに基づくステージ部材の位置情報の検出が容易となるとともに、ステージ部材の位置制御を迅速に行うことができる。

きる。

また、本発明の第2のステージ装置では、前記ステージ部材の位置を検出する位置検出装置を更に備え、前記制御装置が、前記位置検出装置による検出結果及び前記インダクタンス測定器による測定結果の少なくとも一方に基づいて、前記コイルに供給する電流を制御する構成とすることができる。ここで、位置検出装置としては、例えばレーザ干渉計システム等の精密位置検出装置を使用することが可能である。かかる場合には、制御装置が、ステージ部材の位置制御を行うためにコイルに供給する電流を制御するので、そのときの状況に応じて、位置検出装置による検出結果又はインダクタンス測定器による測定結果に基づいて、ステージ部材の位置制御を行うことができるので、継続的に精度良くステージ部材の位置制御を行うことができる。

ここで、前記制御装置が、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うとともに、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うことができる。かかる場合には、例えば、位置検出装置による位置検出精度が、インダクタンス測定器による測定結果に応じた可動子（ひいてはステージ部材）の位置情報検出精度よりも高いが、位置検出装置による位置検出が不可能なステージ部材の位置や姿勢があるときに、ステージ部材の各時刻の位置や姿勢に応じた可能な限り高い精度でステージ部材の位置制御を継続的に行うことができる。

本発明は、第5の観点からすると、露光用の照明光を射出する照明系と；前記照明光の経路上に配置される物体を搭載する本発明の第1のステージ装置と；を備えることを特徴とする第1の露光装置である。

これによれば、露光用の照明光の経路に配置される物体を本発明の第1のステージ装置に搭載するので、本発明の第1のステージ装置が本発明の第1の平面モータ装置を備える場合には、何らかの誤動作や外乱等の原因により、ステージ部材の位置や姿勢が大きく変動した場合であっても、ステージ部材の位置情報すなわち物体の位置情報を継続して精度良く検出することができる。また、本発明の第1のステージ装置が本発明の第2の平面モータ装置を備える場合には、何らかの誤動作や外乱等の原因により、ステージ部材の位置や姿勢が大きく変動した場合であっても、ステージ部材の位置すなわち物体の位置を継続して精度良く制御することができる。したがって、露光用の照明光による物体の露光のための動作を中断せずに継続することができ、露光動作のスループットを向上することができる。

本発明は、第6の観点からすると、露光用の照明光を射出する照明系と；前記照明光の経路上に配置される物体を搭載する本発明の第2のステージ装置とを備えることを特徴とする第2の露光装置である。

これによれば、露光用の照明光の経路に配置される物体を本発明の第2のステージ装置に載置するので、該ステージ装置のステージ部材の位置や姿勢が大きく変動したときでも、ステージ部材の位置制御すなわち物体の位置制御を継続して精度良く行うことができる。したがって、露光用の照明光による物体の露光のための動作を中断せずに継続することができ、露光動作のスループットを向上することができる。

本発明の第2の露光装置では、前記物体を、前記照明光によって露光され、所定のパターンが転写される基板とすることができる。かかる場合には、基板の位置や姿勢に拘わらず、基板の位置制御を継続して行うことができるので、基板に所定のパターンを転写する露光動作のスループットを向上することができる。

また、本発明の第2の露光装置では、ステージ装置がステージ部材の位置を

検出する位置検出装置を備えるとき、前記制御装置が、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うとともに、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、さらに、前記制御装置は、露光に際して、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な原因が前記位置検出装置の位置検出可能範囲から前記ステージ部材の状態が逸脱したことでであると判断した場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、前記位置検出装置の位置検出可能範囲に前記ステージ部材の状態を修正することができる。かかる場合には、通常は、レーザ干渉計システム等の精度の良い位置検出装置でステージ部材の位置及び姿勢を検出してステージ部材の位置制御を行う。そして、例えば姿勢の大きな変動が発生して、位置検出装置による位置検出が不可能となった場合に、インダクタンス測定器による複数のコイルに関するインダクタンス分布の測定結果に基づいてステージ部材の位置及び姿勢を検出してステージ部材の位置制御を行って、ステージ部材の位置及び姿勢を位置検出装置にとって位置検出可能な範囲に修正する。この修正の後には、再び位置検出装置でステージ部材の位置及び姿勢を検出してステージ部材の位置制御を行う。したがって、ステージ部材の位置制御を継続的に行うことができる。

このとき、前記制御装置は、前記ステージ部材の状態を修正した後に、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、露光用の前記ステージ部材の位置制御を継続することができる。また、前記制御装置が、前記ステージ部材の状態を修正した後に、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記ステージ部材を初期位置へ移動させる位置制御を行うこともできる。

また、本発明の第２の露光装置では、ステージ装置が前記ステージ部材の位置を検出する位置検出装置を備えるとき、前記制御装置が、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うとともに、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、さらに、前記制御装置が、露光に際して、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、露光用の前記ステージ部材の位置制御を行うことができる。

本発明は、第７の観点からすると、コイルを有する固定子と発磁体を有する可動子とを備え、前記可動子を移動面に沿って移動させる平面モータ装置の駆動方法であって、前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記コイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、前記可動子の位置を検出することを特徴とする第１の平面モータ装置の駆動方法である。

これによれば、固定子と可動子との相対位置関係によって生じる、固定子が有するコイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、可動子の位置情報が検出される。したがって、何らかの誤動作や外乱等の原因により、可動子の固定子に対する位置や姿勢が大きく変動した場合にも、固定子に対する相対位置関係という可動子の位置情報を継続して検出することができる。

本発明の第１の平面モータ装置の駆動方法では、前記固定子が複数のコイルを有し、前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記複数のコイルに関するインダクタンス分布に基づいて、前記可動子の位置を検出することとすることができる。かかる固定子が複数のコイルを有する場合には、各コイルのインダクタンスに関する情報から得られるインダクタンス分布に

基づいて、可動子の位置情報を精度良く検出することができる。

ここで、前記固定子が、磁性体材料から成り、前記複数のコイルを支持するコイル支持部材を有することができる。かかる場合には、磁気回路が磁性体材料から成るコイル支持部材を介して構成されるので、低磁気抵抗を有する安定した磁気回路が構成できるとともに、固定子と可動子との相対位置関係に応じてコイルのインダクタンスが大きく変化するようにできるので、インダクタンス分布に基づく可動子の位置情報の検出が容易となる。

また、前記複数のコイルのインダクタンスを個別に測定することができる。かかる場合には、個別に測定された各コイルのインダクタンスから、インダクタンス分布を得ることができる。

また、本発明の第1の平面モータ装置の駆動方法では、前記可動子の位置情報を、前記移動面を規定する第1の軸方向及び第2の軸方向に関する各位置情報と、前記第1、第2の軸に直交する第3の軸に関する回転方向の位置情報との少なくとも1つを含む位置情報とすることができる。

また、本発明の第1の平面モータ装置の駆動方法では、前記可動子の位置情報の検出結果に基づいて前記コイルに供給する電流を制御することができる。かかる場合には、可動子の位置情報の検出結果に基づいて、コイルに供給する電流が制御されることにより、コイルに発生するローレンツ力を制御することができ、可動子に対する駆動力である当該ローレンツ力の反力を制御することができる。したがって、可動子の位置情報に応じて可動子に対する駆動力を制御することにより、可動子の位置制御を精度良く行うことができる。

また、本発明の第1の平面モータ装置の駆動方法では、前記発磁体が、前記移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石を有することができる。更に、前記発磁体が、磁性体材料から成り、前記複数の磁石を支持する磁石支持部材を更に有することができる。かかる場合には、磁気回路が磁性体材料から成る磁石支持部材を介して構成されるので、低磁気抵抗を有する安定した磁気

回路が構成できるとともに、磁石支持部材とコイルとの位置関係に応じてコイルのインダクタンスが大きく変化するので、インダクタンス分布に基づく可動子の位置情報の検出が容易となる。

また、本発明の第１の平面モータ装置の駆動方法では、前記発磁体が、前記移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石を有することができる。かかる場合には、安定した磁気回路の構成のために磁性体部材が不要となるようにすることができるので、可動子の軽量化を図ることができる。

本発明は、第８の観点からすると、コイルを有する固定子と磁石を有する可動子とを備え、前記可動子を移動面に沿って移動させる平面モータ装置の駆動方法であって、前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記コイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、前記可動子の位置を制御することを特徴とする第２の平面モータ装置の駆動方法である。

これによれば、固定子と可動子との相対位置関係によって生じる、固定子が有するコイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、可動子の位置が制御される。したがって、何らかの誤動作や外乱等の原因により、可動子の固定子に対する位置や姿勢が大きく変動した場合にも、可動子の位置を継続して精度良く制御することができる。

本発明の第２の平面モータ装置の駆動方法では、前記固定子が複数のコイルを有し、前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記複数のコイルに関するインダクタンス分布に基づいて、前記可動子の位置を制御することとすることができる。かかる固定子が複数のコイルを有する場合には、各コイルのインダクタンスに関する情報から得られるインダクタンス分布に基づいて、可動子の位置を精度良く制御することができる。

ここで、前記複数のコイルのインダクタンスを個別に測定することができる。かかる場合には、個別に測定された各コイルのインダクタンスからインダクタンス分布を得ることができる。



本発明は、第 9 の観点からすると、コイルを有する固定子と発磁体を有する可動子とを備え、前記可動子を移動面に沿って移動させる平面モータ装置と、前記可動子と一体的に移動するステージ部材とを備えたステージ装置の駆動方法であって、前記ステージ部材を移動させる際に、本発明の平面モータ装置の駆動方法を用いることを特徴とする第 1 のステージ装置の駆動方法である。

これによれば、可動子を移動させることによりステージ部材を移動させる際に、本発明の第 1 の平面モータ装置の駆動方法を使用する場合には、可動子の位置情報を上述のようにして検出することにより、何らかの誤動作や外乱等の原因により、ステージ部材の固定子に対する位置や姿勢が大きく変動した場合にも、ステージ部材の位置情報を継続して精度良く検出しつつ、ステージ部材を移動させることができる。

また、可動子を移動させることによりステージ部材を移動させる際に、本発明の第 2 の平面モータ装置の駆動方法を使用する場合には、可動子の位置を上述のようにして制御することにより、何らかの誤動作や外乱等の原因により、ステージ部材の固定子に対する位置や姿勢が大きく変動した場合にも、ステージ部材の位置に応じてステージ部材の位置を継続して精度良く制御しつつ、ステージ部材を移動させることができる。

本発明は、第 10 の観点からすると、移動面に沿って移動するステージ部材と、発磁体を有し前記ステージ部材に設けられた可動子と、コイルを有する固定子とを備え、前記ステージ部材を電磁力により駆動する駆動装置とを備えたステージ装置の駆動方法であって、前記コイルのインダクタンスを測定した測定結果に基づいて、前記コイルに供給する電流を制御することを特徴とする第 2 のステージ装置の駆動方法である。

これによれば、駆動装置の固定子と可動子との相対位置関係によって生じるコイルのインダクタンスの測定結果に基づいて、コイルに供給する電流が制御されることにより、駆動装置によるステージ部材に対する駆動力が制御される

。したがって、何らかの誤動作や外乱によりステージ部材の位置や姿勢が大きく変動した場合にも、ステージ部材の位置や姿勢に拘わらず、可動子ひいてはステージ部材と固定子との相対位置関係に応じて、ステージ部材の位置制御を継続して精度良く行うことができる。

本発明の第2のステージ装置の駆動方法では、前記発磁体が、前記移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石を有することができる。更に、前記ステージ部材が非磁性体材料から成り、前記発磁体が、磁性体材料から成り、前記複数の磁石を支持する磁石支持部材を有することができる。かかる場合には、磁気回路が磁性体材料から成る磁石支持部材を介して構成されるので、低磁気抵抗を有する安定した磁気回路が構成できるとともに、磁石支持部材とコイルとの相対位置関係に応じてコイルのインダクタンスが大きく変化するので、測定されたインダクタンスに基づくステージ部材の位置情報検出が容易となるとともに、精度良く迅速にステージ部材の位置制御を行うことができる。

また、本発明の第2のステージ装置の駆動方法では、前記発磁体は、前記移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石を有することができる。かかる場合には、安定した磁気回路の構成のために磁性体部材が不要となるように構成することができるので、可動子の軽量化を図ることができる。

また、本発明の第2のステージ装置の駆動方法では、前記固定子が、磁性体材料から成り、前記複数のコイルを支持するコイル支持部材を有することができる。かかる場合には、磁気回路が磁性体材料から成るコイル支持部材を介して構成されるので、低磁気抵抗を有し安定した磁気回路が構成できるとともに、固定子と可動子との相対位置関係に応じてコイルのインダクタンスが大きく変化するので、測定されたインダクタンスに基づくステージ部材の位置情報の検出が容易となるとともに、ステージ部材の位置制御を迅速に行うことができる。

また、本発明の第2のステージ装置の駆動方法では、前記ステージ装置が前

記ステージ部材の位置を検出する位置検出装置を更に備え、前記位置検出装置による検出結果及び前記インダクタンスの測定結果の少なくとも一方に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することとすることができ、かかる場合には、ステージ部材の位置制御を行うためにコイルに供給する電流が制御されるにあたって、そのときの状況に応じて、位置検出装置による検出結果又はインダクタンス測定器による測定結果に基づいて、ステージ部材の位置制御を行うことができるので、ステージ部材の位置制御を継続的に精度良く行うことができる。

ここで、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンスの測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うことができる。かかる場合には、例えば、位置検出装置による位置検出精度が、インダクタンス測定器による測定結果に応じた可動子（ひいてはステージ部材）の位置情報検出精度よりも高いが、位置検出装置による位置検出が不可能なステージ部材の位置や姿勢があるときに、ステージ部材の各時刻の位置や姿勢に応じた最高の精度でステージ部材の位置制御を継続的に行うことができる。

本発明は、第11の観点からすると、露光用の照明光を射出する射出工程と；物体を搭載したステージ装置を駆動して、前記物体を前記照明光の経路に対して相対移動させる移動工程と；を備えた露光方法であって、前記ステージ装置を駆動する際に、本発明の第1のステージ装置の駆動方法を用いることを特徴とする第1の露光方法である。

これによれば、射出工程において射出された露光用の照明光の経路に配置される物体を、移動工程において移動させる際に、上述した本発明の第1のステ

ージ装置の駆動方法を用いるので、何らかの誤動作や外乱等の原因により、ステージ部材の位置や姿勢が大きく変動した場合であっても、ステージ部材の位置情報すなわち物体の位置情報を継続して精度良く検出したり、ステージ部材の位置制御を継続して精度良く行うことができる。したがって、露光用の照明光による物体の露光のための動作を中断せずに継続することができ、露光動作のスループットを向上することができる。

本発明は、第１２の観点からすると、露光用の照明光を射出する射出工程と；物体を搭載したステージ装置を駆動して、前記物体を前記照明光の経路に対して相対移動させる移動工程と；を備えた露光方法であって、前記ステージ装置を駆動する際に、本発明の第２のステージ装置の駆動方法を用いることを特徴とする第２の露光方法である。

これによれば、射出工程において射出された露光用の照明光の経路に配置される物体を、移動工程において移動させる際に、上述した本発明のステージ装置の第２駆動方法を用いるので、ステージ部材の位置や姿勢が大きく変動したときでも、ステージ部材の位置制御すなわち物体の位置制御を継続して精度良く行うことができる。したがって、露光用の照明光による物体の露光のための動作を中断せずに継続することができ、露光動作のスループットを向上することができる。

本発明の第２の露光方法では、前記物体を、前記照明光によって露光され、所定のパターンが転写される基板とすることができる。かかる場合には、基板の位置や姿勢に拘わらず、基板の位置制御を継続して行うことができるので、基板に所定のパターンを転写する露光動作のスループットを向上することができる。

また、本発明の第２の露光方法では、ステージ装置が前記ステージ部材の位置を検出する位置検出装置を備えるとき、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記ステージ部材の位置の検出結果に

基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンスの測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うとともに、露光に際して、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な原因が前記位置検出装置の位置検出可能範囲から前記ステージ部材の状態が逸脱したことであると判断した場合には、前記インダクタンスの測定結果に基づいて、前記位置検出可能範囲に前記ステージ部材の状態を修正することができる。かかる場合には、通常は、レーザ干渉計システム等の精度の良い位置検出装置でステージ部材の位置及び姿勢を検出してステージ部材の位置制御を行う。そして、例えば姿勢の大きな変動が発生して、位置検出装置による位置検出が不可能となった場合に、インダクタンス測定器による複数のコイルに関するインダクタンス分布の測定結果に基づいてステージ部材の位置及び姿勢を検出してステージ部材の位置制御を行って、ステージ部材の位置及び姿勢を位置検出装置にとって位置検出可能な範囲に修正する。この修正の後には、再び位置検出装置でステージ部材の位置及び姿勢を検出してステージ部材の位置制御を行う。したがって、ステージ部材の位置制御を継続的に行うことができる。

このとき、前記ステージ部材の状態を修正した後に、前記ステージ部材の位置検出結果に基づいて、露光用の前記ステージ部材の位置制御を継続することができる。また、前記ステージ部材の状態を修正した後に、前記ステージ部材の位置の検出結果に基づいて、前記ステージ部材を初期位置へ移動させる位置制御を行うこともできる。

また、本発明の第2の露光方法では、ステージ装置が前記ステージ部材の位置を検出する位置検出装置を備えるとき、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記ステージ部材の位置の検出結果に

基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンスの測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うとともに、露光に際して、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンスの測定結果に基づいて、露光用の前記ステージ部材の位置制御を行うことができる。

また、リソグラフィ工程において、本発明の露光方法を使用する本発明の露光装置を用いて露光を行うことにより、基板上に複数層の微細なパターンを重ね合せ精度良く形成することができ、これにより、より高集積度のマイクロデバイスを歩留まり良く製造することができ、その生産性を向上させることができる。したがって、本発明は、別の観点からすると、本発明の露光装置を用いて製造されたデバイスであり、また、本発明の露光方法を使用するデバイス製造方法であるとも言える。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、一実施形態の露光装置の概要構成を示す図である。

図 2 は、図 1 の露光装置のステージ装置周辺の構成を示す斜視図である。

図 3 A～図 3 C は、磁極ユニットの構成を説明するための図である。

図 4 は、固定子周辺の構成を示す断面図である。

図 5 A 及び図 5 B は、平板状コイル群の構成を説明するための図である。

図 6 は、インダクタンス測定器及び電流駆動装置の回路構成を説明するための図である。

図 7 A 及び図 7 B は、電機子コイルのインダクタンスを説明するための図である。

図 8 A 及び図 8 B は、磁極ユニットが関わる磁気回路を説明するための図である。

図 9 A 及び図 9 B は、ウエハ干渉計による基板テーブルの位置及び姿勢の検出の可否と、基板テーブルの姿勢との関係を説明するための図である。

図 10 は、一実施形態における基板テーブルの位置制御の実行を説明するためのフローチャートである。

図 11 は、磁極ユニットと電機子ユニットとの位置関係の例を説明するための図である。

図 12 は、電機子コイルのインダクタンスの測定結果の例を示す図である。

図 13 は、走査露光の原理を説明するための図である。

図 14 は、図 1 に示された露光装置を用いたデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

図 15 は、図 14 のウエハプロセスステップにおける処理のフローチャートである。

図 16 A ～図 16 C は、磁極ユニットの変形例 1 の構成を示す図である。

図 17 は、変形例 1 の磁極ユニットと電機子ユニットとの位置関係の例を説明するための図である。

図 18 A ～図 18 C は、磁極ユニットの変形例 2 の構成を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施形態を図 1 ～図 15 に基づいて説明する。図 1 には、一実施形態に係る露光装置 100 の全体的な構成が概略的に示されている。この露光装置 100 は、いわゆるステップ・アンド・スキャン露光方式の走査型露光装置である。

この露光装置 100 は、照明系 10、レチクル R を保持するレチクルステージ RST、投影光学系 PL、基板としてのウエハ W を XY 平面内で XY 2 次元

方向に駆動するステージ装置としての基板ステージ装置 30、及びこれらの制御系等を備えている。

前記照明系 10 は、例えば特開平 9-32956 号公報に開示されたように、光源ユニット、シャッタ、2 次光源形成光学系、ビームスプリッタ、集光レンズ系、レチクルブラインド、及び結像レンズ系等（いずれも不図示）から構成され、図 1 のミラー 7 へ向けて照度分布のほぼ均一な露光用照明光を射出する。そして、この照明光がミラー 7 によってその光路が鉛直下方に折り曲げられ、レチクル R 上の矩形（あるいは円弧状）の照明領域 IAR（図 13 参照）を均一な照度で照明する。

前記レチクルステージ RST 上にはレチクル R が、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージ RST は、不図示のレチクルベース上を、ローレンツ力又はリアクタンス力を用いた磁気浮上型のリニアモータ等で構成された 2 次元アクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動部によって、レチクル R の位置制御のため、照明光学系 10 の光軸 IX（後述する投影光学系 PL の光軸 AX に一致）に垂直な XY 平面内で微少駆動可能であるとともに、所定の走査方向（ここでは Y 方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。さらに、本実施形態では、上記磁気浮上型の 2 次元リニアアクチュエータは X 駆動用コイル、Y 駆動用コイルの他に Z 駆動用コイルを含んでいるため、Z 方向にも微小駆動可能となっている。

レチクルステージ RST 上にはレチクルステージ RST（レチクル R）の位置検出装置であるレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16 からのレーザビームを反射する移動鏡 15 が固定されており、レチクルステージ RST のステージ移動面内の位置はレチクル干渉計 16 によって、例えば 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能で常時検出される。

レチクル干渉計 16 からのレチクルステージ RST の位置情報はステージ制御系 19 及びこれを介して主制御装置 20 に送られ、ステージ制御系 19 では



主制御装置 20 からの指示に応じてレチクルステージ RST の位置情報に基づいてレチクル駆動部（図示省略）を介してレチクルステージ RST を駆動する。

前記投影光学系 PL は、レチクルステージ RST の図 1 における下方に配置され、その光軸 AX（照明光学系の光軸 IX に一致）の方向が Z 軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックな光学配置となるように光軸 AX 方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。この投影光学系 PL は所定の投影倍率、例えば  $1/5$ （あるいは  $1/4$ ,  $1/6$ ）を有する縮小光学系である。このため、照明系 10 からの照明光によってレチクル R の照明領域 IAR が照明されると、このレチクル R を通過した照明光により、投影光学系 PL を介してレチクル R の照明領域 IAR 内の回路パターンの縮小像（部分倒立像）が表面にフォトレジストが塗布されたウエハ W 上の照明領域 IAR に共役な露光領域 IA（図 13 参照）に形成される。

前記基板ステージ装置 30 は、ベース 21 と、このベース 21 の上面の上方に数  $\mu\text{m}$  程度のクリアランスを介して後述するエアスライダにより浮上支持されたステージ部材としての基板テーブル 18 と、この基板テーブル 18 を XY 面内で 2 次元方向に駆動する駆動装置 50 とを備えている。駆動装置 50 としては、ここでは、ベース 21 の上部に設けられた（埋め込まれた）固定子 60 と、基板テーブル 18 の底部（ベース対向面側）に固定された可動子 51 とから成る平面モータが使用されている。また、可動子 51 とベース 21 と固定子 60 とによって平面モータ装置が構成されている。以下の説明においては、上記の駆動装置 50 を、便宜上、平面モータ 50 と呼ぶものとする。

前記基板テーブル 18 上に、ウエハ W が例えば真空吸着によって固定されている。また、この基板テーブル 18 上には基板テーブル 18（ウエハ W）の位置検出装置であるウエハレーザ干渉計（以下「ウエハ干渉計」という）31 が

らのレーザビームを反射する移動鏡 27 が固定され、外部に配置された前記ウエハ干渉計 31 により、基板テーブル 18 の X Y 面内での位置及び Z 軸回りの回転すなわち姿勢  $\theta$  が、例えば X Y 面内での位置について 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能で常時検出されている。ここで、実際には、図 2 に示されるように、基板テーブル 18 上には走査方向である Y 軸方向に直交する反射面を有する移動鏡 27 Y と非走査方向である X 軸方向に直交する反射面を有する移動鏡 27 X とが設けられ、また、後述する図 9 A 及び図 9 B に示されるようにウエハ干渉計 31 は走査方向に 1 軸のウエハ干渉計 31 Y が、非走査方向には 2 軸のウエハ干渉計 31 X1, 31 X2 が設けられているが、図 1 ではこれらが代表的に移動鏡 27、ウエハ干渉計 31 として示されている。基板テーブル 18 の位置情報（又は速度情報）はステージ制御系 19 及びこれを介して主制御装置 20 に送られ、ステージ制御系 19 では主制御装置 20 からの指示に応じて前記位置情報（又は速度情報）に基づいて平面モータ 50 を介して基板テーブル 18 の X Y 面内の移動を制御する。

図 3 A には可動子 51 の底面図（- Z 方向からの平面図）が、図 3 B には可動子 51 の + Y 方向からの側面図が、また、図 3 C には可動子 51 の図 3 A における A-A 断面図が示されている。これらの図に示される可動子 51 は、磁界を発生する永久磁石 52 N、52 S、53 N、54 N、及び 54 S が平面視でマトリクス状となるように、磁石保持部材としての平板状の磁性体部材 59 の固定子 60 との対向面（可動子 51 の底面）上に配列されており、可動子 51 によって発磁体としての磁極ユニットが構成されている。以下の説明においては、この可動子 51 を、便宜上、磁極ユニット 51 とも呼ぶものとする。ここで、永久磁石 52 N、53 N、54 N は、固定子 60 との対向面が N 極面となる磁石であり、また、永久磁石 52 S、54 S は、固定子 60 との対向面が S 極面となる磁石である。なお、図 2 においては、永久磁石 52 N、52 S、53 N、54 N、及び 54 S を磁石群 58 として表している。

前記永久磁石 5 2 N、5 2 S は、後述する電機子コイル 6 3 の X Y 面と平行な断面の外形の形状である正方形の一辺の長さを P として、一辺が  $P/3$  のほぼ正方形の磁極面を有し、永久磁石 5 2 N、5 2 S は、磁性体部材 5 9 の磁石配列面の中央部に交互に配列されている。また、前記永久磁石 5 3 N は、一辺が  $P/6$  のほぼ正方形の磁極面を有し、磁性体部材 5 9 の磁石配列面の四隅部に配列されている。また、永久磁石 5 4 N、5 4 S は、長辺が  $P/3$  及び短辺が  $P/6$  のほぼ長方形の磁極面を有し、磁性体部材 5 9 の磁石配列面の四隅部を除く四辺部に配列されている。そして、永久磁石 5 2 N、5 2 S、5 3 N、5 4 N、及び 5 4 S の配列にあたっては、X 方向又は Y 方向で隣り合う永久磁石の固定子 6 0 に対向する磁極面は互いに逆の極性とされており、X 方向又は Y 方向で隣り合う永久磁石の間隔は  $P/3$  とされている。

かかる磁極ユニット 5 1 には不図示のエアスライダが一体化されており、更に磁極ユニット 5 1 の図 1 における上面に不図示の支持機構を介して基板テーブル 1 8 が設けられている。前記エアスライダでは、接続された空気チューブを介して不図示の空気ポンプから供給される加圧空気がベース 2 1 の上面に向かって吹き出され、ベース 2 1 の上面と磁極ユニット 5 1 との間の空気層静圧（いわゆる隙間内圧力）により磁極ユニット 5 1 を含んで基板テーブル 1 8 が非接触で浮上支持される。

前記固定子 6 0 を含む前記ベース 2 1 は、その概略縦断面図である図 4 に示されるように、上面が開口した 2 段の段付凹部が形成された平面視で矩形状の容器 6 9 と、この容器 6 9 の下方の段部に上方から結合し、高さ方向の中央部に架設された磁性体材料から成るコイル支持部材としての平板状の磁性体部材 6 2 と、上部開口を閉塞する状態で一体的に取り付けられたセラミック等の非磁性非電導体材料からなる平板状部材 6 8 とを備えている。

前記磁性体部材 6 2 の上面には、図 4 に示されるように、複数の電機子コイル 6 3 が配置されている。これらの複数の電機子コイル 6 3 によって電機子ユ

ニットとしての平板状コイル群 6 1 が構成され、この平板状コイル群 6 1 と前記磁性体部材 6 2 とによって、前述した平面モータ 5 0 の固定子 6 0 が構成されている。前記平板状コイル群 6 1 を構成する電機子コイル 6 3 の配置等については後述する。

なお、電機子コイル 6 3 への電流供給による電機子コイル 6 3 の発熱に伴う電機子コイル 6 3、その周辺部材の温度上昇や、電機子コイル 6 3 の周辺雰囲気揺らぎを防止するため、本実施形態では電機子コイル 6 3 の冷却を行っている。かかる冷却は、前記平板状部材 6 8 と容器 6 9 と磁性体部材 6 2 とで囲まれる閉空間を、平板状コイル群 6 1 の電機子コイル 6 3 を冷却するための冷却液（冷媒）の通路とすることにより行われている。すなわち、前記閉空間の一側には、不図示の流入口が設けられ、他側には不図示の流出口（排出口）が設けられ、不図示の冷却制御機から冷却液（例えば、水又はフロリナート（商品名））が流入口を介して閉空間に送り込まれ、該閉空間内部を通過するとき、平板状コイル群 6 1 との間で熱交換を行い、平板状コイル群 6 1 で発生した熱を吸収して高温となった冷却液が流出口を介して外部に排出されるようになっている。

前記平板状コイル群 6 1 は、図 5 A に示されるように、マトリクス状に配列された複数の電機子コイル 6 3 から構成されている。なお、以下の説明においては、電機子コイル 6 3 の個々を区別するときには、電機子コイル 6 3 (  $i, j$  ) と表記し、総称するときには電機子コイル 6 3 と表記する。電機子コイル 6 3 は、図 5 B に示されるように、一辺の長さが  $P$  の正形状の底面（ $XY$  平面と平行な面）を有し、 $Z$  軸と平行な中心軸  $CX$  付近で  $Z$  方向に貫通する中空部を有する角柱状に構成されている。この中空部の断面形状は、一辺の長さが  $P/3$  の正形状となっている。この電機子コイル 6 3 には、端子 6 4 a 及び端子 6 4 b を介して、電流駆動装置 2 2 から電流が供給される。そして、供給された電流は、中心軸  $CX$  の周りをほぼ一様な電流密度（体積密度）で流れる

。なお、電機子コイル 6 3 に流れる電流の電流値及び電流方向は、ステージ制御系 1 9 によって電流駆動装置 2 2 を介して制御される。

また、図 1 の露光装置 1 0 0 では、基板テーブル 1 8 上に、不図示のオフアキス方式のアライメント検出系の検出中心から投影光学系 P L の光軸までの距離を計測するベースライン計測等のための各種基準マークが形成された不図示の基準マーク板が固定されている。

更に、図 1 の露光装置 1 0 0 には、ウエハ W 表面の前記露光領域 I A 内部分及びその近傍の領域の Z 方向（光軸 A X 方向）の位置を検出するための斜入射光式のフォーカス検出系（焦点検出系）の一つである不図示の多点フォーカス位置検出系が設けられている。この多点フォーカス位置検出系は、照射光学系と受光光学系（いずれも不図示）とから構成されている。この多点フォーカス検出系の詳細な構成等については、例えば特開平 6 - 2 8 3 4 0 3 号公報及びこれに対応する米国特許第 5, 4 4 8, 3 3 2 号等の開示されている。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令の許す限りにおいて、上記の公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

図 1 に戻り、本実施形態の露光装置 1 0 0 は、全ての電機子コイル 6 3 ( i , j ) のインダクタンスを測定するインダクタンス測定器 8 0 を備えている。このインダクタンス測定器 8 0 は、図 6 に示されるように、各電機子コイル 6 3 ( i , j ) に応じてインダクタンス測定回路 I N D ( i , j ) を備えており、各インダクタンス測定回路 I N D ( i , j ) は、受信回路 R C V とインダクタンス検出回路 I D C とを有している。

図 6 には、更に、電流駆動装置 2 2 の回路構成及び電機子コイル 6 3 ( i , j ) の等価回路が示されている。すなわち、電流駆動装置 2 2 は、高周波交流電源 A P S と各電機子コイル 6 3 ( i , j ) に応じて電流駆動回路 I D V ( i , j ) とを備えており、各電流駆動回路 I D V ( i , j ) は、スイッチ回路 S W と、加算器 A D D と、ドライブ回路 D R V とを有している。

ここで、スイッチ回路  $SW$  は、ステージ制御系 19 からのスイッチ制御信号  $SC(i, j)$  (図 1 では、単に「 $SC$ 」と表記している) に応じて開閉し、高周波交流電源  $APS$  からの出力信号を加算器  $ADD$  に供給するか否かを制御している。また、加算器  $ADD$  は、スイッチ回路  $SW$  の出力信号とステージ制御系 19 からの駆動用電流指示信号  $SID(i, j)$  (図 1 では、単に「 $SID$ 」と表記している) との加算結果を算出する。この加算結果に応じた電流  $ID(i, j)$  (図 1 では、単に「 $ID$ 」と表記している) がドライブ回路  $DRV$  を介して電機子コイル 63 ( $i, j$ ) に供給される。なお、高周波交流電源  $APS$  が出力する信号の角周波数  $\omega_H$  は、基板テーブル 18 の駆動に実質的に寄与しない程度の高い角周波数に設定されている。

また、図 6 に示されるように、電機子コイル 63 ( $i, j$ ) は、内部抵抗  $R(i, j)$  とインダクタンス  $L(i, j)$  とが直列接続された等価回路とみなすことができる。

ここで、電機子コイル 63 ( $i, j$ ) へのステージ駆動用電流の供給と、電機子コイル 63 ( $i, j$ ) のインダクタンス測定における、図 6 の各部の作用を説明する。

インダクタンス測定を行わないとき、ステージ制御系 19 は、スイッチ制御信号  $SC(i, j)$  によってスイッチ回路  $SW$  をオフとする。この状態で、電機子コイル 63 ( $i, j$ ) へのステージ駆動用電流の供給にあたって、ステージ制御系 19 からの駆動用電流指示信号  $SID(i, j)$  が供給されると、駆動用電流指示信号  $SID(i, j)$  は加算器  $ADD$  を介してドライブ回路  $DRV$  に入力する。そして、ドライブ回路  $DRV$  は、駆動用電流指示信号  $SID(i, j)$  に応じた電流  $ID(i, j)$  を電機子コイルに供給する。

一方、インダクタンス測定を行うとき、ステージ制御系 19 は、スイッチ制御信号  $SC(i, j)$  によってスイッチ回路  $SW$  をオンとする。この結果、加算器  $ADD$  には高周波交流電源  $APS$  からの出力信号が入力し、加算器  $ADD$

からは、駆動用電流指示信号  $SID(i, j)$  に高周波交流電源  $APS$  からの出力信号が重畳された信号が出力される。そして、ドライブ回路  $DRV$  は、加算器  $ADD$  の出力信号に応じた電流を電機子コイル  $63(i, j)$  に供給する。ここで、高周波交流電源  $APS$  が出力する信号の角周波数  $\omega_H$  は十分に高いので、ステージの駆動に寄与することはない。

ここで、高周波交流電源  $APS$  が出力する信号  $SIP$  を、

$$SIP = B \cdot \sin(\omega_H \cdot t) \quad \dots (1)$$

とすると、信号  $SIP$  に応じて、電機子コイル  $63(i, j)$  に供給される電流  $IDP$  は、

$$IDP = C \cdot \sin(\omega_H \cdot t) \quad \dots (2)$$

となる。なお、 $B$  及び  $C$  は定数であり、 $t$  は時間を示す。

このとき、電流  $IDP(i, j)$  の供給によって、電機子コイル  $63(i, j)$  の電流供給端子  $64a$ 、 $64b$  間に現れる電圧  $VDP(i, j)$  は、

$$VDP(i, j) = C \cdot R(i, j) \cdot \sin(\omega_H \cdot t) + C \cdot L(i, j) \cdot \omega_H \cdot \cos(\omega_H \cdot t) \quad \dots (3)$$

となる。

実際に電機子コイル  $63(i, j)$  の電流供給端子  $64a$ 、 $64b$  間に現れる電圧  $VD(i, j)$  (図1では、単に「 $VD$ 」と表記している) は、(2) 式の  $VDP(i, j)$  に、駆動用電流指示信号  $SID(i, j)$  に応じた供給電流に伴う発生電圧が加わったものであるが、角周波数が  $\omega_H$  付近の電圧成分は、 $VDP(i, j)$  以外には無い。なお、駆動用電流指示信号  $SID(i, j)$  が、駆動用電流が零であることを指示する場合には、実際に電機子コイル  $63(i, j)$  の電流供給端子  $64a$ 、 $64b$  間に現れる電圧  $VD(i, j)$  と  $VDP(i, j)$  とは一致することになる。

かかる電圧  $VD(i, j)$  は、図6に示されるように、インダクタンス測定回路  $IND(i, j)$  の受信回路  $RCV$  に供給され、該受信回路  $RCV$  から出

力された電圧  $V_D(i, j)$  に応じた信号がインダクタンス検出回路  $IDC$  に入力する。

インダクタンス検出回路  $IDC$  では、まず、入力した信号を周波数弁別する（例えば、ハイパスフィルタを介させる）ことによって、電圧  $V_{DP}(i, j)$  に応じた信号成分  $S_{DP}$  を取り出す。この信号成分  $S_{DP}(i, j)$  は、

$$S_{DP}(i, j) = D \cdot R(i, j) \cdot \sin(\omega_H \cdot t) + D \cdot L(i, j) \cdot \omega_H \cdot \cos(\omega_H \cdot t) \quad \dots (4)$$

となっている。ここで、 $D$  は既知の定数である。

次に、インダクタンス検出回路  $IDC$  では、電流駆動回路  $IDV(i, j)$  から供給された上記の信号  $S_{IP}$  と同位相の成分を、信号成分  $S_{DP}(i, j)$  から除去して、(4) 式の右辺第 2 項 ( $= D \cdot L(i, j) \cdot \omega_H \cdot \cos(\omega_H \cdot t)$ ) を抽出した後、電機子コイル 63 ( $i, j$ ) のインダクタンス  $L(i, j)$  を検出する。そして、その検出結果  $D_I(i, j)$  (図 1 では、単に「 $D_I$ 」と表記している) を、ステージ制御系 19 を介して主制御装置 20 に供給する。

ところで、磁極ユニット 51 は、空気の透磁率  $\mu_0$  よりもはるかに大きな透磁率  $\mu_M$  を有する磁性体部材 59 を備えているので、磁性体部材 59 と電機子コイル 63 ( $i, j$ ) との位置関係に応じて、電機子コイル 63 ( $i, j$ ) への供給電流  $I$  により電機子コイル 63 ( $i, j$ ) の内部に発生する磁界  $H$  に伴う磁束数  $\phi$  が変化する。例えば、図 7 A に示されるように、平面視で電機子コイル 63 ( $i, j$ ) の中空部を覆う磁性体部材 59 の面積が  $S$  であるとき、磁束数  $\phi$  は、

$$\phi \approx \mu_0 \cdot H \cdot S \cdot f(\mu_M) \quad \dots (5)$$

となる。ここで、 $f(\mu_M)$  は透磁率  $\mu_M$  の関数であり、透磁率  $\mu_M$  の値が大きい程、 $f(\mu_M)$  の値も大きい。勿論、電機子コイル 63 ( $i, j$ ) の中空部の平面視で磁性体部材 59 に覆われていない部分にも磁束は存在するが、



$$f(\mu_M) \gg f(\mu_0) \quad \dots (6)$$

なので、磁束数 $\phi$ は(5)式に示す通りとなっている。

また、一般に電機子コイル63(i, j)の起磁力Fは、コイル巻数N及び供給電流I、又は発生磁界H及び図7Bに示される磁性体部材62と磁性体部材59との空隙間隔dによって、

$$F = N \cdot I = H \cdot d \quad \dots (7)$$

と表せる。なお、上述の浮上支持により、空隙間隔dはほぼ一定とされている。

更に、電機子コイル63(i, j)のインダクタンスL(i, j)は、一般に、

$$L(i, j) = N \cdot \phi / I \quad \dots (8)$$

となるので、

$$L(i, j) \approx \mu_0 \cdot N^2 \cdot S \cdot f(\mu_M) / d \quad \dots (9)$$

となる。すなわち、電機子コイル63(i, j)のインダクタンスL(i, j)は、平面視において磁性体部材59が電機子コイル63(i, j)の中空部を覆う面積Sに比例した値と考えることができる。

したがって、上述のようにして、電機子コイル63(i, j)のインダクタンスL(i, j)を測定することにより、磁性体部材59と電機子コイル63(i, j)との位置関係に関する情報を求めることができる。これについては、更に後述する。

次に、本実施形態におけるウエハWの移動時における各部の作用について説明する。まず、本実施形態におけるウエハWの移動、すなわち、平面モータ50における可動子である磁極ユニット51の駆動原理の概要を説明する。

磁極ユニット51では、永久磁石52N及び永久磁石52Sが関る場合について代表的に示された図8Aにおいて実線矢印で示されるように、永久磁石52N、53N、54Nが-Z方向(紙面下向き)の磁束を発生し、永久磁石5

2 S, 5 3 S, 5 4 S が + Z 方向（紙面下向き）の磁束を発生する。そして、磁性体部材 5 9 及び磁性体部材 6 2 と共に磁気回路を形成している。

以下、永久磁石 5 2 N 及び永久磁石 5 2 S が関る磁気回路の場合を例にとって説明する。

図 8 A に示された磁気回路が形成されているとき、磁性体部材 6 2 付近、すなわち平板状コイル群 6 1 が配置される Z 位置の磁束密度 B は、図 8 B に示されるような分布となる。すなわち、永久磁石 5 2 N, 5 2 S の中心点に応じた位置で磁束密度 B の絶対値が最大となり、この点から磁極面の周辺部に応じた位置へ行くほど磁束密度 B の絶対値は小さくなり、永久磁石 5 2 N の中心に応じた位置と永久磁石 5 2 S の中心に応じた位置との中点位置で磁束密度 B は零となる。また、磁束密度 B の分布は、永久磁石 5 2 N, 5 2 S 中心に応じた位置を中心として、± X 方向について対称となっている。すなわち、磁束密度 B の X 方向分布は、正弦関数によって良い近似が行われる形状となっている。なお、図 8 B では、磁束の方向が + Z 方向の場合に磁束密度 B の値を正とし、磁力線の方向が - Z 方向の場合に磁束密度 B の値を負としている。また、図 8 B では X 方向に関する磁束密度 B の分布が示されているが、Y 方向に関する磁束密度 B の分布も図 8 B の分布と同様となる。

なお、本実施形態においては、磁性体部材の材料として、高電気抵抗、高飽和磁束密度、低磁気ヒステリシス、低保磁力のステンレス等を採用しているので、渦電流やヒステリシス損が小さく、磁気抵抗を小さく維持することが可能であり、磁極ユニット 5 1 が移動しても磁束密度の高い磁束を継続的に発生することができる。

上記の図 8 B に示された分布の磁束密度 B の環境中において電機子コイル 6 3 に電流が供給されると、電機子コイル 6 3 にローレンツ電磁力が発生する。このローレンツ電磁力の反力が磁極ユニット 5 1 に作用し、基板テーブル 1 8 ひいてはウエハ W を移動する。ところで、電機子コイル 6 3 に発生するローレ

ンツ電磁力の大きさ及び方向は、電機子コイル 6 3 に供給される電流の大きさ及び方向並びに磁極ユニット 5 1 と平板状コイル群 6 1 との位置関係によって異なるが、本実施形態においては、X 方向に基板テーブル 1 8 を移動させる場合には、磁極ユニット 5 1 の X 位置に応じて X 方向で隣り合う 2 つの電機子コイル 6 3 の対を選択し、各対の電機子コイル 6 3 について、磁極ユニット 5 1 と平板状コイル群 6 1 との位置関係に応じ、互いに位相が  $90^\circ$  だけ異なる同一振幅の正弦波電流を供給することにより、ローレンツ電磁力の合力の X 成分を磁極ユニット 5 1 の X 位置によらず一定に制御している。なお、磁極ユニット 5 1 を X 方向へ駆動させようとして電流を流すと、一般には磁極ユニット 5 1 を Y 方向へ駆動する力及び Z 軸回りの回転力が発生してしまう。そこで、磁極ユニット 5 1 を Y 方向に駆動する力及び回転力が全体として 0 となるように、各電機子コイル 6 3 に流す電流を調整している。また、各電機子コイルに供給される正弦波電流の振幅及び方向を制御することによって、磁極ユニット 5 1 を駆動する力の大きさ及び方向が制御されている。

また、磁極ユニット 5 1 が Y 方向に移動する場合における Y 方向への磁極ユニット 5 1 の駆動についても X 方向の場合と同様にして、磁極ユニット 5 1 の Y 位置によらず一定の駆動力による駆動を行っている。

また、上記の磁極ユニット 5 1 を X 方向に駆動する場合の電流パターンと Y 方向に駆動する電流パターンとが適当な比率で重ね合わされたパターンの電流を各電機子コイル 6 3 に供給することにより、XY 平面に沿った任意の方向に任意の駆動力で磁極ユニット 5 1 を駆動している。

更に、回転力の相殺を行わずに、磁極ユニット 5 1 を駆動することにより、所望の回転方向及び所望の回転力で磁極ユニット 5 1 を回転駆動を行っている。

以上のように、本実施形態の露光装置では、基板テーブル 1 8 の XY 位置及び姿勢（Z 軸回りの回転） $\theta$  に応じて電機子コイル 6 3 に供給する電流を制御

することによって、基板テーブル 18 ひいてはウエハ W の位置制御を行っている。

次に、本実施形態におけるウエハ W の位置制御動作の流れについて、図 10 のフローチャートを中心として、適宜他の図面を参照しながら説明する。

本実施形態の露光装置 100 では、図 9 A に代表的に示されるように、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y から射出されたレーザビームの移動鏡 27 X, 27 Y による反射光がウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y で受信できる、すなわちウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y によって基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  を検出可能な場合には、図 10 のステップ 201 a において、主制御装置 20 がステージ制御系 19 及び電流駆動装置 22 を介して、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y によって検出された基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  に基づいて、基板テーブル 18 の位置制御を行う。なお、図 10 においては、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y を、総称して「ウエハ干渉計 31」と記載している。

次に、ステップ 201 b において、主制御装置 20 がステージ制御系 19 を介して、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y による基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  が検出可能か否かを判断する。

ステップ 201 b における判断が肯定的な場合には、ステップ 201 c において、主制御装置 20 が、露光動作が完了したか否かを判断する。ステップ 201 c において、露光動作が完了したと判断された場合には、主制御装置 20 による基板テーブル 18 の位置制御が終了する。一方、ステップ 201 c において、露光動作が完了していないと判断された場合には、ステップ 201 a に戻り、主制御装置 20 がステージ制御系 19 及び電流駆動装置 22 を介して、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y によって検出された基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  に基づいて、基板テーブル 18 の位置制御を続行する。

。

こうして、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y による基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  が検出可能な場合には、上記のステップ 201 a ~ 201 c が繰り返して実行され、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y によって検出された基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  に基づく基板テーブル 18 の位置制御が行われる。

一方、平面モータ 50 の誤動作や外乱等により基板テーブル 18 の姿勢  $\theta$  が大きく変動し、図 9 B に代表的に示されるように、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y から射出されたレーザビームの移動鏡 27 X, 27 Y による反射光がウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y で受信できない、すなわちウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y によって基板テーブル 18 の X Y 位置、及び姿勢  $\theta$  を検出不可能となったときには、図 10 のステップ 201 b において、否定的な判断がなされ、処理がステップ 203 に移る。なお、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y が故障した場合にも、図 10 のステップ 201 b において、否定的な判断がなされ、ステップ 203 に移行する。

なお、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y によって基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  を検出不可能となったことを割り込み要因とし、この割り込みが発生した場合にステップ 203 に移行することにすれば、ステップ 201 b を省略することができる。

ステップ 203 においては、主制御装置 20 による制御の下で、以下のようにして、各電機子コイル 63 のインダクタンスを測定して、基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  を検出する。

まず、主制御装置 20 がステージ制御系 19 及び電流駆動装置 22 を介して、インダクタンス測定器 80 の全ての電流駆動回路 I DV (i, j) のスイッチ回路 SW を一時的にオンにし、インダクタンス測定器 80 の各インダクタンス測定回路 (i, j) によって測定されたインダクタンス L (i, j) の検出結果 D I (i, j) を収集する。

かかるインダクタンス測定時に、平板状コイル群 6 1 と磁性体部材 5 9 との位置関係が図 1 1 に示される様であったとする。なお、図 1 1 では、平面視において、磁性体部材 5 9 によって覆われる各電機子コイル 6 3 (  $i$ ,  $j$  ) の中空部の部分をハッチで示している。この場合、各電機子コイル 6 3 (  $i$ ,  $j$  ) のインダクタンス  $L$  (  $i$ ,  $j$  ) の測定値は、平面視において磁性体部材 5 9 によって覆われる各電機子コイル 6 3 (  $i$ ,  $j$  ) の中空部の部分の面積に比例しており、図 1 2 に示されるようになる。なお、図 1 2 では、平面視で中空部の全てが磁性体部材 5 9 で覆われる電機子コイルのインダクタンスを 1 として、各電機子コイル 6 3 (  $i$ ,  $j$  ) のインダクタンス  $L$  (  $i$ ,  $j$  ) の測定値を示している。

次に、主制御装置 2 0 は、収集した各電機子コイル 6 3 (  $i$ ,  $j$  ) のインダクタンス  $L$  (  $i$ ,  $j$  ) の測定結果、並びに既知の磁性体部材 5 9 の外形、各電機子コイル 6 3 (  $i$ ,  $j$  ) の中空部の外形及び配列に基づいて、磁性体部材 5 9 すなわち基板テーブル 1 8 の  $X$   $Y$  位置及び姿勢  $\theta$  を検出する。かかる検出にあたっては、解析的に基板テーブル 1 8 の  $X$   $Y$  位置及び姿勢  $\theta$  を算出してもよいし、また、予め各電機子コイル 6 3 (  $i$ ,  $j$  ) のインダクタンス  $L$  (  $i$ ,  $j$  ) の測定結果のパターンと基板テーブル 1 8 の  $X$   $Y$  位置及び姿勢  $\theta$  との関係を求め、その関係をテーブル化しておき、そのテーブルを参照することにしてもよい。

次いで、図 1 0 に戻り、ステップ 2 0 5 において、主制御装置 2 0 が、ステップ 2 0 3 で検出された姿勢  $\theta$  の検出値から、ウエハ干渉計 3 1  $X$  1, 3 1  $X$  2, 3 1  $Y$  にとって、基板テーブル 1 8 の姿勢  $\theta$  は基板テーブル 1 8 の  $X$   $Y$  位置及び姿勢  $\theta$  を検出可能な範囲内であるか否かを判断する。すなわち、ウエハ干渉計 3 1  $X$  1, 3 1  $X$  2, 3 1  $Y$  によって、基板テーブル 1 8 の  $X$   $Y$  位置及び姿勢  $\theta$  が検出できなくなった原因は、平面モータ 5 0 の誤動作や外乱等により基板テーブル 1 8 の姿勢  $\theta$  が大きく変動したことにあるのか、又はウエハ干

渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y が故障したのかを判断する。

ステップ 205 における判断が否定的な場合には、主制御装置 20 は、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y によって、基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  が検出できなくなった原因が、平面モータ 50 の誤動作や外乱等により基板テーブル 18 の姿勢  $\theta$  が大きく変動したことにありと判断する。そして、ステップ 207 に移行し、主制御装置 20 が、基板テーブル 18 の姿勢  $\theta$  を、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y にとって、基板テーブル 18 の姿勢  $\theta$  は基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  を検出可能な範囲内へ復帰させる位置制御を行う。この位置制御は、主制御装置 20 が、上述のステップ 203 で行ったインダクタンス測定による基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  の検出を行いつつ、ステージ制御系 19 及び電流駆動装置 22 を介して、重心位置を固定しつつ、基板テーブル 18 を Z 軸の回りに回転駆動することにより行う。

こうして、基板テーブル 18 の姿勢  $\theta$  が、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y によって基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  を検出可能な範囲内へ復帰すると、引き続きステップ 201 a に処理が移り、以後、上述のようにして、主制御装置 20 がステージ制御系 19 及び電流駆動装置 22 を介して、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y によって検出された基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  に基づいて、基板テーブル 18 の位置制御を行う。なお、姿勢復帰後における基板テーブル 18 の位置制御としては、従前のウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y の検出結果に基づく位置制御の中断時の状態に応じて、従前の位置制御の継続とすることもできるし、また、基板テーブル 18 の初期位置への移動とすることもできる。

一方、ステップ 205 における判断が肯定的な場合には、主制御装置 20 は、ウエハ干渉計 31 X 1, 31 X 2, 31 Y によって、基板テーブル 18 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  が検出できなくなった原因は、ウエハ干渉計 31 X 1, 31

X 2, 3 1 Yが故障したことにありと判断する。そして、ステップ2 0 9に移行し、以後露光動作を終了するまで、主制御装置2 0が、インダクタンス測定による基板テーブル1 8のX Y位置及び姿勢 $\theta$ の検出を行いつつ、ステージ制御系1 9及び電流駆動装置2 2を介して、基板テーブル1 8の位置制御を行う。

以上のようにして、基板テーブル1 8すなわちウエハWの位置制御を行いつつ実行される本実施形態の露光装置1 0 0における露光動作の流れについて簡単に説明する。

まず、不図示のレチクルローダにより、転写したいパターンが形成されたレチクルRがレチクルステージR S Tにロードされる。同様に、不図示のウエハローダにより、露光したいウエハWが基板テーブル1 8にロードされる。

このとき、基板テーブル1 8は、所定のウエハローディングポジションにて、ベース上に浮上支持されており、かつそのローディングポジションに所定時間停止状態を維持するように主制御装置2 0により、ステージ制御系1 9を介してサーボ制御されている。従って、このローディングポジションでの待機時には、平面モータ5 0の固定子6 0を構成する電機子コイル6 3に電流が供給されており、この電機子コイル6 3における発熱による温度上昇を防止すべく、主制御装置2 0では冷却機等を用いて電機子コイル6 3の冷却を行っている。

次に、主制御装置2 0により、不図示のレチクル顕微鏡、基板テーブル1 8上の不図示の基準マーク板、不図示のアライメント検出系を用いてレチクルアライメント、ベースライン計測等の準備作業が所定の手順に従って行われた後、アライメント検出系を用いて、統計的な手法を用いて行われるE G A（エンハンスド・グローバル・アライメント）等のアライメント計測が実行される。なお、E G A計測の詳細は、例えば、特開昭6 1－4 4 4 2 9号公報及びこれに対応する米国特許第4, 7 8 0, 6 1 7号や、特開平2－5 4 1 0 3号公報



及びこれに対応する米国特許第 4, 9 6 2, 3 1 8 号に開示された技術のようにして、統計処理を行って、ウエハ W 上のショット領域 S A の配列座標を算出する。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令の許す限りにおいて、上記の公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

アライメント計測の終了後、以下のようにしてステップ・アンド・スキャン方式の露光動作が行われる。

この露光動作にあたって、まず、ウエハ W の X Y 位置が、ウエハ W 上の最初のショット領域（ファースト・ショット）の露光のための走査開始位置となるように、基板テーブル 1 8 が移動される。この移動は、主制御装置 2 0 により、ステージ制御系 1 9 を介して、平面モータ 5 0 を構成する各電機子コイル 6 3 の電流を前述のように制御することにより行われる。同時に、レチクル R の X Y 位置が、走査開始位置となるように、レチクルステージ R S T が移動される。この移動は、主制御装置 2 0 によりステージ制御系 1 9 及び不図示のレチクル駆動部等を介して行われる。

そして、ステージ制御系 1 9 が、レチクル干渉計 1 6 によって計測されたレチクル R の X Y 位置情報、前述のようにして計測されたウエハ W の X Y 位置情報に基づき、不図示のレチクル駆動部及び平面モータ 5 0 を介してレチクル R とウエハ W とを同期移動させる。かかる同期移動中においては、図 1 3 に示されるように、レチクル R の走査方向（Y 軸方向）に対して垂直な方向に長手方向を有する長方形（スリット状）の照明領域 I A R でレチクル R が照明され、レチクル R は露光時に - Y 方向に速度  $V_R$  で走査（スキャン）される、照明領域 I A R （中心は光軸 A X とほぼ一致）は投影光学系 P L を介してウエハ W 上に投影され、照明領域 I A R に共役なスリット状の投影領域、すなわち露光領域 I A が形成される。ウエハ W はレチクル R とは倒立結像関係にあたるため、ウエハ W は速度  $V_R$  の方向とは反対方向（+ Y 方向）にレチクル R に同期して

速度  $V_w$  で走査され、ウエハW上のショット領域SAの全面が露光可能となっている。走査速度の比  $V_w/V_R$  は正確に投影光学系PLの縮小倍率に応じたものとなっており、レチクルRのパターン領域PAのパターンがウエハW上のショット領域SA上に正確に縮小転写される。なお、照明領域IARの長手方向の幅は、レチクルR上のパターン領域PAよりも広く、遮光領域STの最大幅よりも狭くなるように設定され、レチクルRを走査（スキャン）することによりパターン領域PA全面が照明されるようになっている。

以上のように制御されながら行われる走査露光により、一つのショット領域に対するレチクルパターンの転写が終了すると、基板テーブル18がステッピングされて、次のショット領域に対する走査露光が行われる。このようにして、ステッピングと走査露光とが順次繰り返され、ウエハW上に必要なショット数のパターンが転写される。

したがって、本実施形態の露光装置100によれば、基板テーブル18のX、Y位置及び姿勢 $\theta$ を常に検出することができるので、基板テーブル18の姿勢 $\theta$ に拘わらず基板テーブル18の位置制御を継続的に行うことができる。このため、露光のスループットを向上することができる。

上記の本実施形態の装置100は、多数の機械部品からなるレチクルステージRST、複数のレンズから構成される投影光学系PL等を組み立てるとともに、ベース21に対して、ベース21を除く他のステージ装置30を組み立てた後に、総合調整（電気調整、光学調整、動作確認等）をすることにより製造することができる。

なお、露光装置100の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

次に、本実施形態の露光装置及び方法を使用したデバイスの製造について説明する。

図14には、本実施形態におけるデバイス（ICやLSI等の半導体チップ

、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の生産のフローチャートが示されている。図14に示されるように、まず、ステップ301（設計ステップ）において、デバイスの機能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ302（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ303（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

次に、ステップ304（ウエハ処理ステップ）において、ステップ301～ステップ303で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ305（デバイス組立ステップ）において、ステップ304において処理されたウエハを用いてチップ化する。このステップ305には、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）パッケージング工程（チップ封入）等の工程が含まれる。

最後に、ステップ306（検査ステップ）において、ステップ305で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

図15には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ304の詳細なフロー例が示されている。図15に示されるように、ステップ311（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ312（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ313（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ314（イオン打込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ311～ステップ314それぞれは、ウエハプロセスの各段階の前工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

ウエハプロセスの各段階において、前工程が終了すると、以下のようにして

後工程が実行される。この後工程では、まず、ステップ 3 1 5（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布し、引き続き、ステップ 3 1 6（露光ステップ）において、上記で説明した露光装置によってマスクの回路パターンを、上述した手法を用いて位置決め及びアライメントされたウエハ上に焼付露光する。次に、ステップ 3 1 7（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、引き続き、ステップ 3 1 8（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ 3 1 9（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

これらの前工程と後工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

以上のようにして、精度良く微細なパターンが形成されたデバイスが、高い量産性で製造される。

なお、上記の実施形態では、磁極ユニット 5 1 を、基板テーブルの移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の永久磁石 5 2 N, 5 2 S, 5 3 N, 5 4 N, 5 4 S と、該複数の磁石を支持する平板状の磁性体部材 5 9 とから構成したが、磁極ユニットは、図 1 6 A～図 1 6 C に示されるような、基板テーブルの移動面と直交する方向とは異なる方向に磁化された複数の永久磁石群 5 2 A N, 5 2 A S, 5 3 A N, 5 4 A N, 5 4 A S、及び永久磁石 5 5, 5 6 とを組み合わせ構成した磁極ユニット 5 1 A とすることも可能である（変形例 1）。なお、図 1 6 A は磁極ユニット 5 1 A の平面視図であり、図 1 6 B は図 1 6 A の磁極ユニット 5 1 A を紙面下方から見た側面視図であり、また、図 1 6 C は図 1 6 A における A-A 断面図である。

図 3 と図 1 6 とを比較して分かるように、変形例 1 の磁極ユニット 5 1 A は、磁極ユニット 5 1 における永久磁石 5 2 N, 5 2 S, 5 3 N, 5 4 N, 5 4 S をそれぞれ永久磁石群 5 2 A N, 5 2 A S, 5 3 A N, 5 4 A N, 5 4 A S

に置き換えるとともに、永久磁石群同士を永久磁石 5 5, 5 6 を介して接続し、更に磁性体部材 5 9 を省略したものである。こうして構成された磁極ユニット 5 1 A は、磁極ユニット 5 1 と同様の磁束密度分布を発生させる。したがって、磁極ユニット 5 1 の場合と同様に各電機子コイルに供給する電流を制御することにより、磁極ユニット 5 1 の場合と同様に基板テーブル 1 8 を駆動することができる。

磁極ユニット 5 1 A を使用した場合にも、電機子コイル 6 3 のインダクタンスは、磁極ユニット 5 1 A と電機子コイル 6 3 との位置関係に応じて変化する。すなわち、磁極ユニット 5 1 A を構成する永久磁石の透磁率は空気の透磁率とは異なるので、平面視で磁極ユニット 5 1 A が覆う電機子コイル 6 3 の中空部の部分の面積に応じて電機子コイル 6 3 のインダクタンスが変化する。したがって、例えば図 1 7 に示されるような、磁極ユニット 5 1 A と平板状コイル群 6 1 との位置関係の場合、図 1 7 においてクロスハッチで示される、各電機子コイル 6 3 の中空部の面積に応じたインダクタンスが測定される。そして、測定された各電機子コイル 6 3 のインダクタンス、並びに既知の磁極ユニット 5 1 A の外形、各電機子コイル 6 3 の中空部の外形及び配列に基づいて、磁極ユニット 5 1 A すなわち基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  を検出することができる。

また、上述の変形例 1 の磁極ユニット 5 1 A における永久磁石群 5 2 A N, 5 2 A S, 5 3 A N, 5 4 A N, 5 4 A S を、図 1 8 A ~ 図 1 8 C に示されるように、基板テーブルの移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の永久磁石 5 2 B N, 5 2 B S, 5 3 B N, 5 4 B N, 5 4 B S と、磁性体部材 5 9 A, 5 9 B, 5 9 C との組み合わせに置き換えた磁極ユニット 5 1 B を、上記の実施形態の磁極ユニット 5 1 の代わりに使用することも可能である（変形例 2）。かかる場合には、磁極ユニットが、基板テーブルの移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の永久磁石 5 2 B N, 5 2 B S, 5 3 B N, 5 4 B N,

5 4 B S 及び基板テーブルの移動面と直交する方向とは異なる方向に磁化された複数の永久磁石群 5 5, 5 6 を有することになる。なお、図 1 8 A は磁極ユニット 5 1 B の底面視図であり、図 1 8 B は図 1 8 A の磁極ユニット 5 1 B を紙面下方から見た側面視図であり、また、図 1 8 C は図 1 8 A における B - B 断面図である。

こうして構成された磁極ユニット 5 1 B は、磁極ユニット 5 1 と同様の磁束密度分布を発生させる。したがって、磁極ユニット 5 1 の場合と同様に各電機子コイルに供給する電流を制御することにより、磁極ユニット 5 1 の場合と同様に基板テーブル 1 8 を駆動することができる。

また、磁極ユニット 5 1 B を使用した場合にも、変形例 1 の場合と同様にして、図 1 7 においてクロスハッチで示される、各電機子コイル 6 3 の中空部の面積に応じたインダクタンスが測定される。そして、測定された各電機子コイル 6 3 のインダクタンス、並びに既知の磁極ユニット 5 1 B の外形、各電機子コイル 6 3 の中空部の外形及び配列に基づいて、磁極ユニット 5 1 B すなわち基板テーブル 1 8 の X Y 位置及び姿勢  $\theta$  を検出することができる。

また、上記の実施形態では、電機子コイル 6 3 の支持部材として磁性体部材 6 2 を使用したが、非磁性体部材によって電機子コイル 6 3 を支持することも可能である。かかる場合にも、上記の実施形態と同様に、各電機子コイル 6 3 のインダクタンスの計測結果に基づいて、基板テーブルの X Y 位置及び姿勢  $\theta$  を検出することができる。

また、上記の実施形態では、可動子の固定子からの浮上にエアガイド機構を用いたが磁気浮上機構を採用することも可能である。さらに、磁極ユニットにおいて、永久磁石に代えて永久磁石と同等な電磁石を使用することも可能である。

また、磁極ユニットにおける磁石の形状及び配列、並びに電機子ユニットにおける電機子コイルの形状及び配列は上記の実施形態または変形例に限定され

るものではなく、採用する電磁力による駆動を行う形態に応じて決定すればよい。

さらに、上記実施形態では電機子コイルの冷却用に冷却液を使用したか、冷媒となる流体であれば気体冷媒を使用することが可能である。

また、固定子上に配設される可動子としての磁極ユニット51は1つに限られるものではなく、固定子60上に2つの磁極ユニット51を配設し、それらを独立に駆動することにより、一方の磁極ユニット51を用いてウエハの露光を行いながら、他方の磁極ユニット51を用いてウエハWの受け渡しを行うことにしてもよい。

また、上記の実施形態ではオプティカルインテグレータ（ホモジナイザ）としてフライアイレンズを用いるものとしたが、その代わりにロッド・インテグレータを用いるようにしても良い。ロッド・インテグレータを用いる照明光学系では、ロッド・インテグレータはその射出面がレチクルRのパターン面とほぼ共役になるように配置される。なお、ロッド・インテグレータを用いる照明光学系は、例えば米国特許第5675401号に開示されており、本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、その米国特許の開示を援用して本明細書の記載の一部とする。また、フライアイレンズとロッド・インテグレータとを組み合わせる、あるいは2つのフライアイレンズ又はロッド・インテグレータを直列に配置してダブルオプティカルインテグレータとしても良い。

また、上記の実施形態では、本発明がステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置に適用された場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されることはなく、ステッパ等の静止露光型露光装置にも好適に適用できるものである。

また、例えば、紫外光を用いる露光装置であっても、投影光学系として反射光学素子のみからなる反射系、又は反射光学素子と屈折光学素子とを有する反

射屈折系（カタディオプトリック系）を採用しても良い。ここで、反射屈折型の投影光学系としては、例えば特開平 8-171054 号公報及びこれに対応する米国特許第 5,668,672 号、並びに特開平 10-20195 号公報及びこれに対応する米国特許第 5,835,275 号などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタと凹面鏡とを有する反射屈折系、又は特開平 8-334695 号公報及びこれに対応する米国特許第 5,689,377 号、並びに特開平 10-3039 号公報及びこれに対応する米国特許出願第 873,605 号（出願日：1997 年 6 月 12 日）などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタを用いずに凹面鏡などを有する反射屈折系を用いることができる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各公報及びこれらに対応する米国特許、及び米国特許出願における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

この他、特開平 10-104513 号公報及び米国特許第 5,488,229 号に開示される、複数の屈折光学素子と 2 枚のミラー（凹面鏡である主鏡と、屈折素子又は平行平板の入射面と反対側に反射面が形成される裏面鏡である副鏡）とを同一軸上に配置し、その複数の屈折光学素子によって形成されるレチクルパターンの中間像を、主鏡と副鏡とによってウエハ上に再結像させる反射屈折系を用いても良い。この反射屈折系では、複数の屈折光学素子に続けて主鏡と副鏡とが配置され、照明光が主鏡の一部を通して副鏡、主鏡の順に反射され、さらに副鏡の一部を通してウエハ上に達することになる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

さらに、反射屈折型の投影光学系としては、例えば円形イメージフィールドを有し、かつ物体面側、及び像面側が共にテレセントリックであるとともに、その投影倍率が  $1/4$  倍又は  $1/5$  倍となる縮小系を用いても良い。また、この反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置の場合、照明光の照射領域



が投影光学系の視野内でその光軸をほぼ中心とし、かつレチクル又はウエハの走査方向とほぼ直交する方向に沿って延びる矩形スリット状に規定されるタイプであっても良い。かかる反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置によれば、例えば波長 $157\text{ nm}$ の $F_2$ レーザ光を露光用照明光として用いても $100\text{ nm L/S}$ パターン程度の微細パターンをウエハ上に高精度に転写することが可能である。

また、真空紫外光として $ArF$ エキシマレーザ光や $F_2$ レーザ光などが用いられるが、特に、前述のしたように、ビームモニタ機構及び基準波長光源のみを投影光学系 $PL$ と同一の環境制御チャンバ内に収納する場合には、 $DFB$ 半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイッテルビウムの両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。

例えば、単一波長レーザの発振波長を $1.51\sim1.59\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $189\sim199\text{ nm}$ の範囲内である8倍高調波、又は発生波長が $151\sim159\text{ nm}$ の範囲内である10倍高調波が出力される。特に発振波長を $1.544\sim1.553\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $193\sim194\text{ nm}$ の範囲内の8倍高調波、即ち $ArF$ エキシマレーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を $1.57\sim1.58\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $157\sim158\text{ nm}$ の範囲内の10倍高調波、即ち $F_2$ レーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

また、発振波長を $1.03\sim1.12\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $147\sim160\text{ nm}$ の範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を $1.099\sim1.106\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $157\sim158\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内の7倍高調波、即ち $F_2$ レーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。この場合、単一波長発振レーザとしては例えばイッテルビウム・ドープ・

ファイバーレーザを用いることができる。

また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV (Extreme Ultraviolet) 露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV (遠紫外) 光やVUV (真空紫外) 光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドーブされた石英ガラス、蛍石、フッ化マグネシウム、又は水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置などでは透過型マスク (ステンシルマスク、メンブレンマスク) が用いられ、EUV露光装置では反射型マスクが用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハなどが用いられる。但し、ウエハ等の周囲環境を真空とする必要のある、波長15 nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1 nm前後を光源にするX線露光装置、EB (電子ビーム) やイオンビームによる露光装置などで本発明を採用する場合には、可動子の固定子からの浮上機構にエアガイド機構を用いることはできず、磁気浮上機構等を採用することが必要となる。

勿論、半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子、プラズマディスプレイなどを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられる、デバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、及び撮像素子 (CCDなど) の製造に用いられる露光装置などにも本発明を適用することができる。

また、本発明のステージ装置は、露光装置における基板ステージ装置への適用に限定されるものではなく、例えば露光装置におけるレチクルステージ装置にも適用が可能であるし、また、露光装置以外であっても試料の位置制御が必要な場合には適用が可能である。なお、本発明のステージ装置を露光装置以

外の装置に適用する場合には、求められる位置制御精度次第ではあるが、電機子コイルのインダクタンスの測定結果に基づく位置検出結果のみに基づいて、試料の位置制御を行うことにすることも可能である。

#### 産業上の利用可能性

以上、詳細に説明したように、本発明の平面モータ装置及びその駆動方法によれば、固定子と可動子との間の相対位置関係によって生じる、固定子のコイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、可動子の位置情報の検出や可動子の位置制御を行うので、可動子の駆動精度を確保しつつ、可動子を継続的に駆動することに適している。

また、本発明のステージ装置及びその駆動方法によれば、平面モータ装置の可動子に接続されたステージ部材について、固定子と可動子との間の相対位置関係によって生じる、固定子のコイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、位置検出や位置制御を行うので、ステージ部材の位置や姿勢の変動量に拘わらず、ステージ部材の位置精度を確保しつつ、ステージ部材を継続的に移動させるのに適している。

また、本発明の露光装置及び露光方法によれば、露光用の照明光（エネルギービーム）の経路に配置される物体の位置精度を確保しつつ、物体の位置制御を継続的に行うことができるので、高いスループットで露光動作を行うことに適している。このため、本発明の露光装置及び露光方法は、微細パターンを有するデバイスを高い生産性で製造することに適している。

## 請 求 の 範 囲

1. コイルを有する固定子と発磁体を有する可動子とを備え、前記可動子を移動面に沿って移動させる平面モータ装置であって、

前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記コイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、前記可動子の位置情報を検出する制御装置を備えていることを特徴とする平面モータ装置。

2. 請求項 1 に記載の平面モータ装置において、

前記固定子は、複数のコイルを有し、

前記制御装置は、前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記複数のコイルに関するインダクタンス分布に基づいて、前記可動子の位置情報を検出することを特徴とする平面モータ装置。

3. 請求項 2 に記載の平面モータ装置において、

前記固定子は、磁性体材料から成り、前記複数のコイルを支持するコイル支持部材を有することを特徴とする平面モータ装置。

4. 請求項 1 に記載の平面モータ装置において、

前記可動子の位置情報は、前記移動面を規定する第 1 の軸方向及び第 2 の軸方向に関する各位置情報と、前記第 1、第 2 の軸に直交する第 3 の軸に関する回転方向の位置情報との少なくとも 1 つを含む位置情報であることを特徴とする平面モータ装置。

5. 請求項 1 に記載の平面モータ装置において、

前記制御装置は、前記可動子の位置情報の検出結果に基づいて前記コイルに供給する電流を制御することを特徴とする平面モータ装置。

6. 請求項1に記載の平面モータ装置において、

前記発磁体は、前記移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石を有することを特徴とする平面モータ装置。

7. 請求項6に記載の平面モータ装置において、

前記発磁体は、磁性体材料から成り、前記複数の磁石を支持する磁石支持部材を更に有することを特徴とする平面モータ装置。

8. 請求項1に記載の平面モータ装置において、

前記発磁体は、前記移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石を有することを特徴とする平面モータ装置。

9. 請求項1に記載の平面モータ装置において、

前記コイルのインダクタンスを測定するインダクタンス測定器を備えていることを特徴とする平面モータ装置。

10. コイルを有する固定子と磁石を有する可動子とを備え、前記可動子を移動面に沿って移動させる平面モータ装置であって、

前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記コイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、前記可動子の位置を制御する制御装置を備えていることを特徴とする平面モータ装置。

11. 請求項10に記載の平面モータ装置において、

前記固定子は、複数のコイルを有し、

前記制御装置は、前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記複数のコイルに関するインダクタンス分布に基づいて、前記可動子の位置を制御することを特徴とする平面モータ装置。

12. 請求項10に記載の平面モータ装置において、

前記コイルのインダクタンスを測定するインダクタンス測定器を備えていることを特徴とする平面モータ装置。

13. 請求項1～12のいずれか一項に記載の平面モータ装置と、

前記可動子に接続されたステージ部材とを備えることを特徴とするステージ装置。

14. 移動面に沿って移動するステージ部材と；

発磁体を有し、前記ステージ部材に設けられた可動子と、複数のコイルを有する固定子とを備え、前記ステージ部材を電磁力により駆動する駆動装置と；

前記コイルのインダクタンスを測定するインダクタンス測定器と；

前記インダクタンス測定器による測定結果に基づき、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御する制御装置と；を備えることを特徴とするステージ装置。

15. 請求項14に記載のステージ装置において、

前記発磁体は、前記移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石を有することを特徴とするステージ装置。

16. 請求項15に記載のステージ装置において、

前記ステージ部材が非磁性体材料から成り、

前記発磁体は、磁性体材料から成り、前記複数の磁石を支持する磁石支持部材を更に有することを特徴とするステージ装置。

17. 請求項14に記載のステージ装置において、

前記発磁体は、前記移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石を有することを特徴とするステージ装置。

18. 請求項14に記載のステージ装置において、

前記固定子は、磁性体材料から成り、前記複数のコイルを支持するコイル支持部材を有することを特徴とするステージ装置。

19. 請求項18に記載のステージ装置において、

前記ステージ部材の位置を検出する位置検出装置を更に備え、

前記制御装置は、前記位置検出装置による検出結果及び前記インダクタンス測定器による測定結果の少なくとも一方に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することを特徴とするステージ装置。

20. 請求項19に記載のステージ装置において、

前記制御装置は、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、

前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を

行うことを特徴とするステージ装置。

2 1. 露光用の照明光を射出する照明系と；

前記照明光の経路上に配置される物体を搭載する請求項 1 3 に記載のステージ装置と；を備えることを特徴とする露光装置。

2 2. 露光用の照明光を射出する照明系と；

前記照明光の経路上に配置される物体を搭載する請求項 1 4 ～ 1 8 のいずれか一項に記載のステージ装置と；を備えることを特徴とする露光装置。

2 3. 請求項 2 2 に記載の露光装置において、

前記物体は、前記照明光によって露光され、所定のパターンが転写される基板であることを特徴とする露光装置。

2 4. 露光用の照明光を射出する照明系と；

前記照明光の経路上に配置される物体を搭載する請求項 1 9 又は 2 0 に記載のステージ装置と；を備えることを特徴とする露光装置。

2 5. 請求項 2 4 に記載の露光装置において、

前記物体は、前記照明光によって露光され、所定のパターンが転写される基板であることを特徴とする露光装置。

2 6. 請求項 2 4 に記載の露光装置において、

前記制御装置は、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置



制御を行うとともに、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、

さらに、前記制御装置は、露光に際して、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な原因が前記位置検出装置の位置検出可能範囲から前記ステージ部材の状態が逸脱したことであると判断した場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、前記位置検出装置の位置検出可能範囲に前記ステージ部材の状態を修正することを特徴とする露光装置。

27. 請求項26に記載の露光装置において、

前記制御装置は、前記ステージ部材の状態を修正した後に、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、露光用の前記ステージ部材の位置制御を継続することを特徴とする露光装置。

28. 請求項26に記載の露光装置において、

前記制御装置は、前記ステージ部材の状態を修正した後に、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記ステージ部材を初期位置へ移動させる位置制御を行うことを特徴とする露光装置。

29. 請求項26に記載の露光装置において、

前記制御装置は、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記位置検出装置による検出結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うとともに、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、

前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、

さらに、前記制御装置は、露光に際して、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンス測定器による測定結果に基づいて、露光用の前記ステージ部材の位置制御を行うことを特徴とする露光装置。

30. 所定のパターンが形成されたデバイスであって、

請求項21に記載の露光装置を用いて製造されたことを特徴とするデバイス

。

31. 所定のパターンが形成されたデバイスであって、

請求項22に記載の露光装置を用いて製造されたことを特徴とするデバイス

。

32. 所定のパターンが形成されたデバイスであって、

請求項24に記載の露光装置を用いて製造されたことを特徴とするデバイス

。

33. コイルを有する固定子と発磁体を有する可動子とを備える平面モータ装置において、前記可動子を移動面に沿って移動させる平面モータ装置の駆動方法であって、

前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記コイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、前記可動子の位置情報を検出することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

34. 請求項33に記載の平面モータ装置の駆動方法において、

前記固定子は、複数のコイルを有し、

前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記複数のコイルに関するインダクタンス分布に基づいて、前記可動子の位置情報を検出することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

35. 請求項34に記載の平面モータ装置の駆動方法において、

前記固定子は、磁性体材料から成り、前記複数のコイルを支持するコイル支持部材を有することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

36. 請求項34に記載の平面モータ装置の駆動方法において、

前記複数のコイルのインダクタンスを個別に測定することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

37. 請求項33に記載の平面モータ装置の駆動方法において、

前記可動子の位置情報は、前記移動面を規定する第1の軸方向及び第2の軸方向に関する各位置情報と、前記第1、第2の軸に直交する第3の軸に関する回転方向の位置情報との少なくとも1つを含む位置情報であることを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

38. 請求項33に記載の平面モータ装置の駆動方法において、

前記可動子の位置情報の検出結果に基づいて前記コイルに供給する電流を制御することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

~~39. 請求項33に記載の平面モータ装置の駆動方法において、~~

前記発磁体は、前記移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石を有

することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

40. 請求項39に記載の平面モータ装置の駆動方法において、

前記発磁体は、磁性体材料から成り、前記複数の磁石を支持する磁石支持部材を更に有することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

41. 請求項33に記載の平面モータ装置の駆動方法において、

前記発磁体は、前記移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石を有することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

42. コイルを有する固定子と磁石を有する可動子とを備える平面モータ装置において、前記可動子を移動面に沿って移動させる平面モータ装置の駆動方法であって、

前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記コイルのインダクタンスに関する情報に基づいて、前記可動子の位置を制御することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

43. 請求項42に記載の平面モータ装置の駆動方法において、

前記固定子は、複数のコイルを有し、

前記固定子と前記可動子との間の相対位置関係によって生じる前記複数のコイルに関するインダクタンス分布に基づいて、前記可動子の位置を制御することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

44. 請求項43に記載の平面モータ装置の駆動方法において、

—前記複数のコイルのインダクタンスを個別に測定することを特徴とする平面モータ装置の駆動方法。

45. コイルを有する固定子と発磁体を有する可動子とを備え、前記可動子を移動面に沿って移動させる平面モータ装置と、前記可動子と一体的に移動するステージ部材とを備えたステージ装置の駆動方法であって、

前記ステージ部材を移動させる際に、請求項33～44のいずれか一項に記載の平面モータ装置の駆動方法を用いることを特徴とするステージ装置の駆動方法。

46. 移動面に沿って移動するステージ部材と、発磁体を有し前記ステージ部材に設けられた可動子と、複数のコイルを有する固定子とを備え、前記ステージ部材を電磁力により駆動する駆動装置とを備えたステージ装置の駆動方法であって、

前記複数のコイルのインダクタンスを測定した測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することを特徴とするステージ装置の駆動方法。

47. 請求項46に記載のステージ装置の駆動方法において、

前記発磁体は、前記移動面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石を有することを特徴とするステージ装置の駆動方法。

48. 請求項47に記載のステージ装置の駆動方法において、

前記ステージ部材は、非磁性体材料から成り、

前記発磁体は、磁性体材料から成り、前記複数の磁石を支持する磁石支持部材を有することを特徴とするステージ装置の駆動方法。

49. 請求項46に記載のステージ装置の駆動方法において、

前記発磁体は、前記移動面と直交しない方向に磁化された複数の磁石を有することを特徴とするステージ装置の駆動方法。

50. 請求項46に記載のステージ装置の駆動方法において、

前記固定子は、磁性体材料から成り、前記複数のコイルを支持するコイル支持部材を有することを特徴とするステージ装置の駆動方法。

51. 請求項50に記載のステージ装置の駆動方法において、

前記ステージ装置は、前記ステージ部材の位置を検出する位置検出装置を更に備え、

前記位置検出装置による検出結果及び前記インダクタンスの測定結果の少なくとも一方に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することを特徴とするステージ装置の駆動方法。

52. 請求項51に記載のステージ装置の駆動方法において、

前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、該位置の検出結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、

前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンスの測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うことを特徴とするステージ装置の駆動方法。

53. 露光用の照明光を射出する射出工程と；

物体を搭載したステージ装置を駆動して、前記物体を前記照明光の経路に対して相対移動させる移動工程と；を備えた露光方法であって、

前記ステージ装置を駆動する際に、請求項 4 5 に記載のステージ装置の駆動方法を用いることを特徴とする露光方法。

5 4. 露光用の照明光を射出する射出工程と；

物体を搭載したステージ装置を駆動して、前記物体を前記照明光の経路に対して相対移動させる移動工程と；を備えた露光方法であって、

前記ステージ装置を駆動する際に、請求項 4 6 ～ 5 0 のいずれか一項に記載のステージ装置の駆動方法を用いることを特徴とする露光方法。

5 5. 請求項 5 4 に記載の露光方法において、

前記物体は、前記照明光によって露光され、所定のパターンが転写される基板であることを特徴とする露光方法。

5 6. 露光用の照明光を射出する射出工程と；

物体を搭載したステージ装置を駆動して、前記物体を前記照明光の経路に対して相対移動させる移動工程と；を備えた露光方法であって、

前記ステージ装置を駆動する際に、請求項 5 1 又は 5 2 に記載のステージ装置の駆動方法を用いることを特徴とする露光方法。

5 7. 請求項 5 6 に記載の露光方法において、

前記物体は、前記照明光によって露光され、所定のパターンが転写される基板であることを特徴とする露光方法。

5 8. 請求項 5 6 に記載の露光方法において、

前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記ステージ部材の位置の検出結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに

供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンスの測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うとともに、

露光に際して、前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出不可能な原因が前記位置検出装置の位置検出可能範囲から前記ステージ部材の状態が逸脱したことであると判断した場合には、前記インダクタンスの測定結果に基づいて、前記位置検出可能範囲に前記ステージ部材の状態を修正することを特徴とする露光方法。

59. 請求項58に記載の露光方法において、

前記ステージ部材の状態を修正した後に、前記ステージ部材の位置検出結果に基づいて、露光用の前記ステージ部材の位置制御を継続することを特徴とする露光方法。

60. 請求項58に記載の露光方法において、

前記ステージ部材の状態を修正した後に、前記ステージ部材の位置の検出結果に基づいて、前記ステージ部材を初期位置へ移動させる位置制御を行うことを特徴とする露光方法。

61. 請求項56に記載の露光方法において、

前記位置検出装置によって前記ステージ部材の位置が検出可能な場合には、前記ステージ部材の位置の検出結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行い、前記位置検出装置によってステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンスの測定結果に基づいて、前記複数のコイルそれぞれに供給する電



流を制御することにより、前記ステージ部材の位置制御を行うとともに、

露光に際して、前記位置検出装置によってステージ部材の位置が検出不可能な場合には、前記インダクタンスの測定結果に基づいて、露光用の前記ステージ部材の位置制御を行うことを特徴とする露光装置。

6 2. リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では請求項 5 3 に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイスの製造方法。

6 3. リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では請求項 5 4 に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイスの製造方法。

6 4. リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では請求項 5 6 に記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイスの製造方法。





Fig. 3A

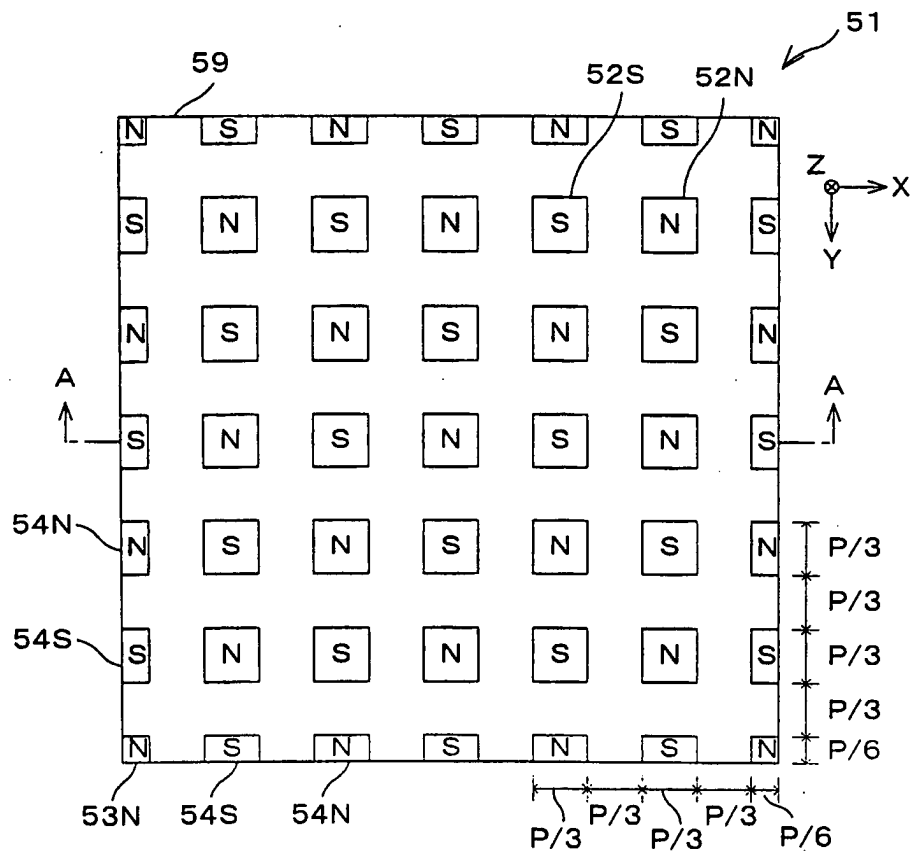


Fig. 3B

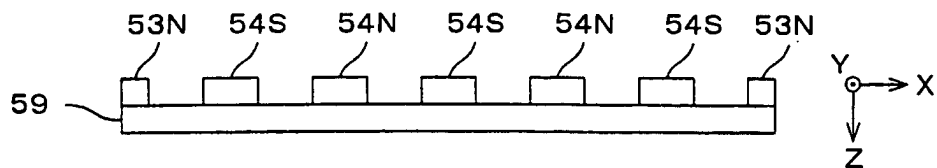


Fig. 3C

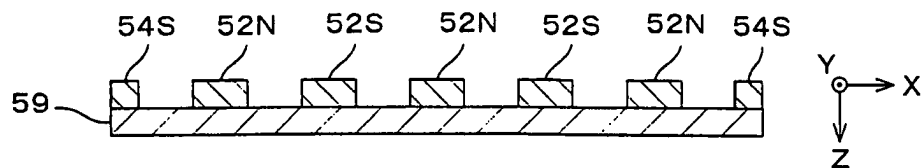


Fig. 4

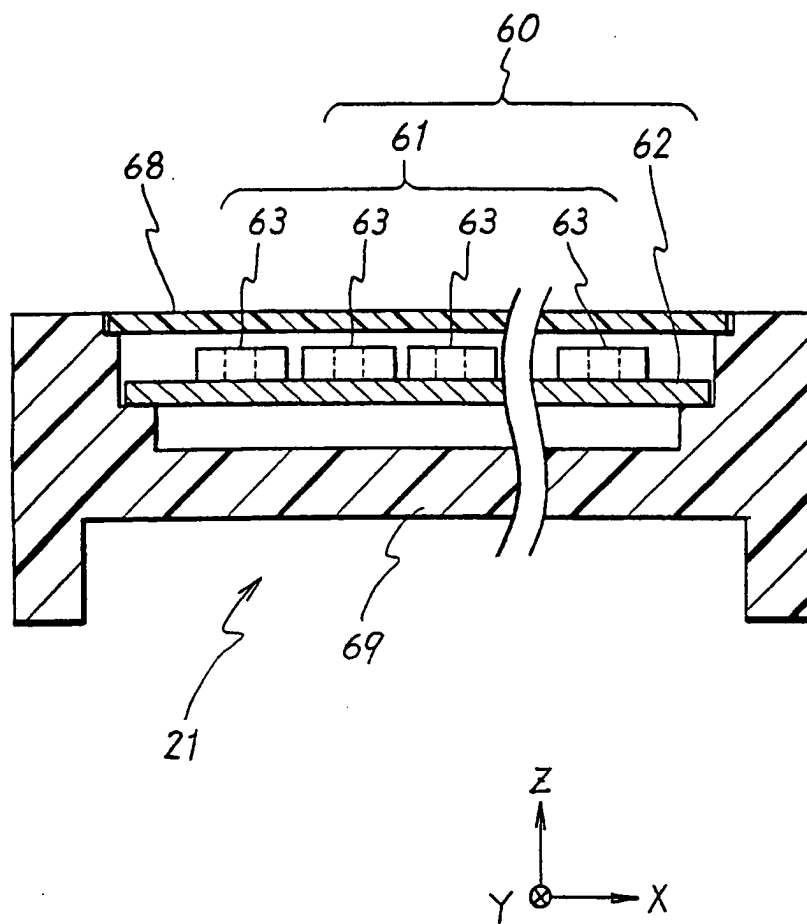


Fig. 5 A

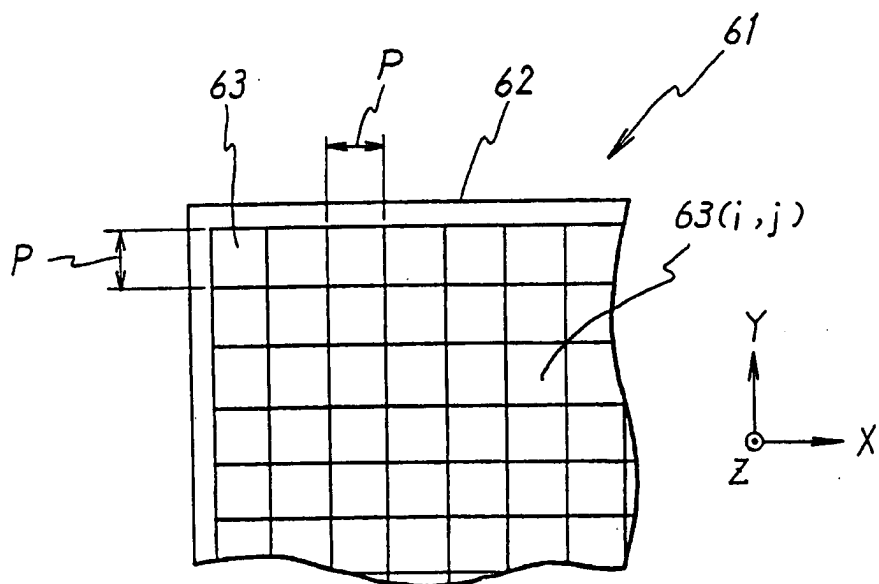


Fig. 5 B

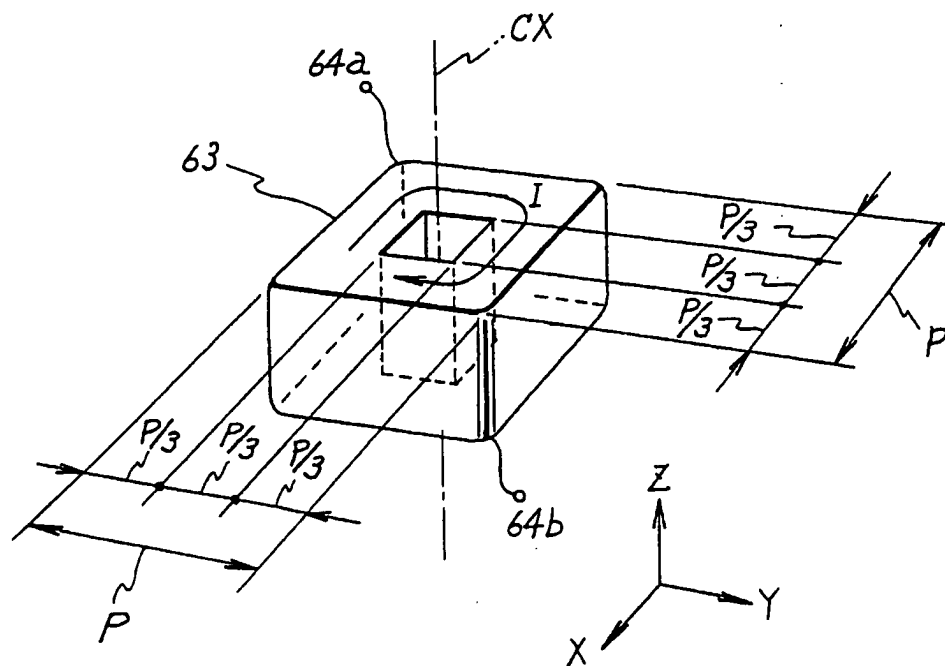


Fig. 6

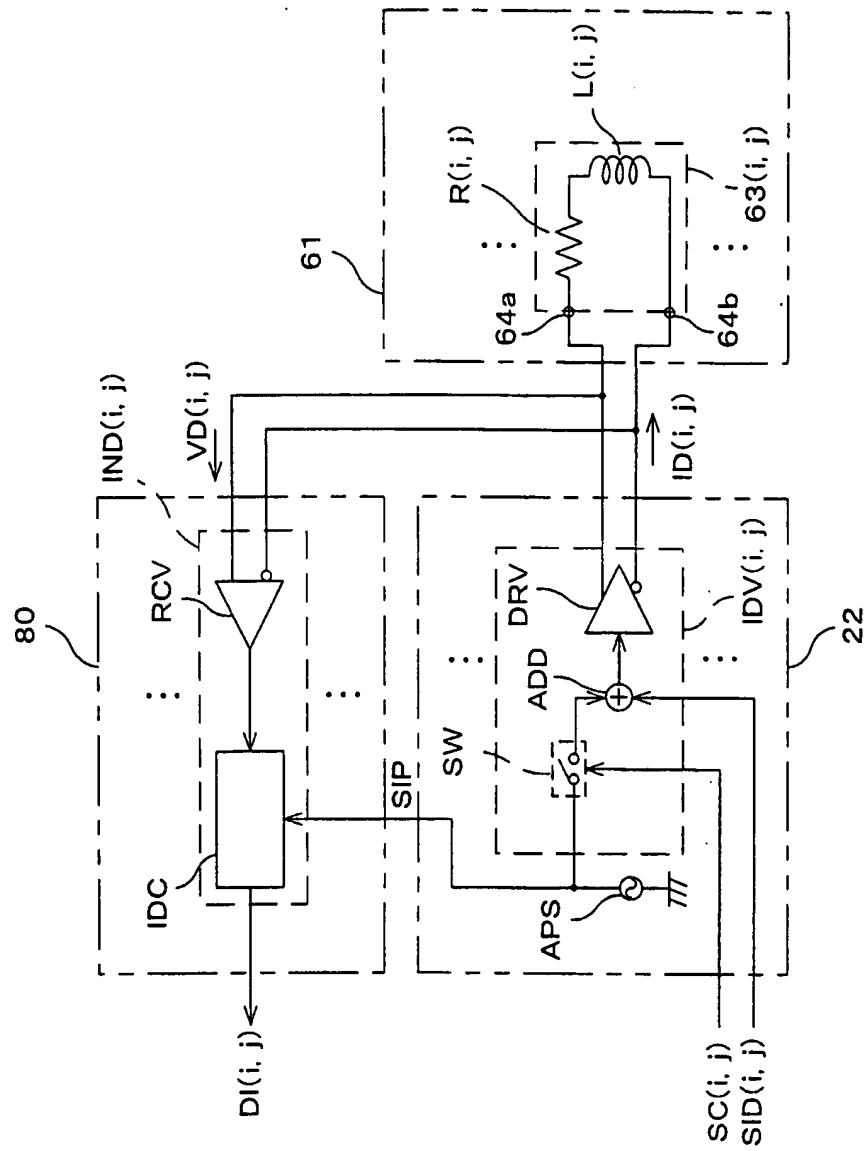


Fig. 7 A

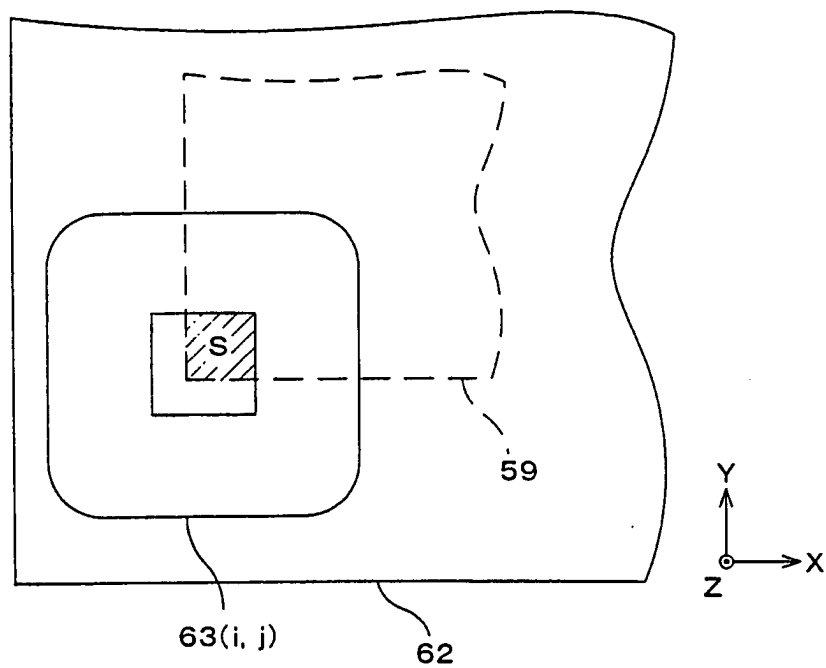


Fig. 7 B

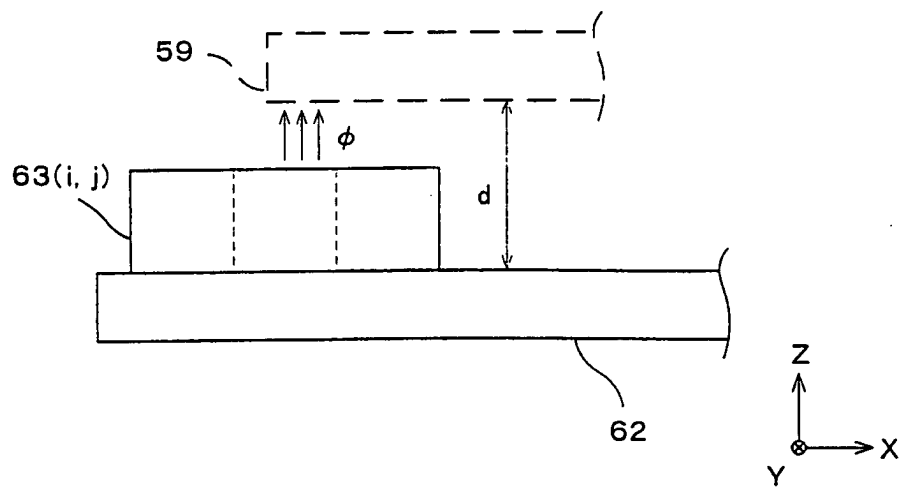




Fig. 8A

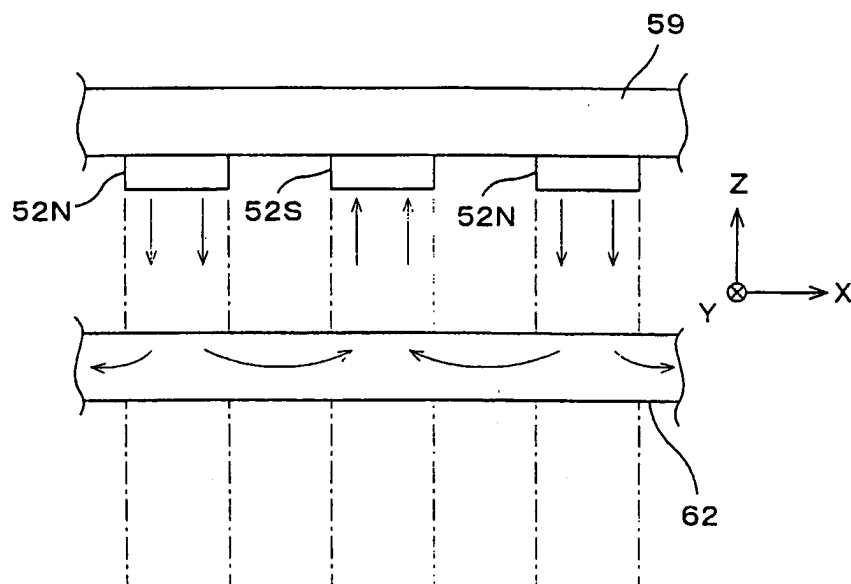


Fig. 8B

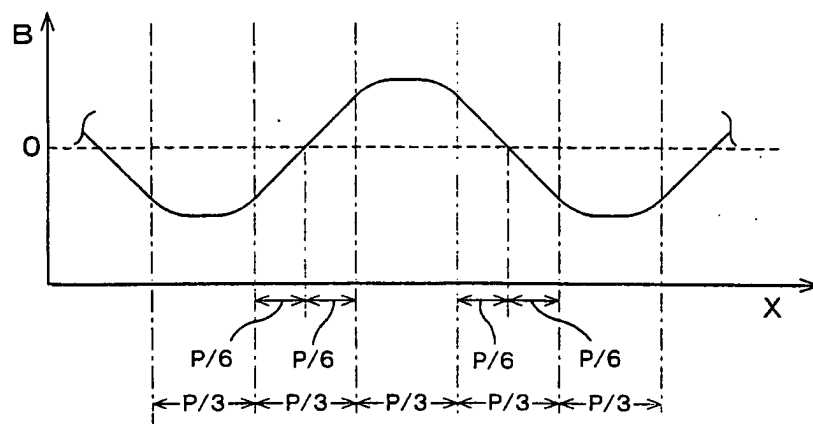


Fig. 9 A

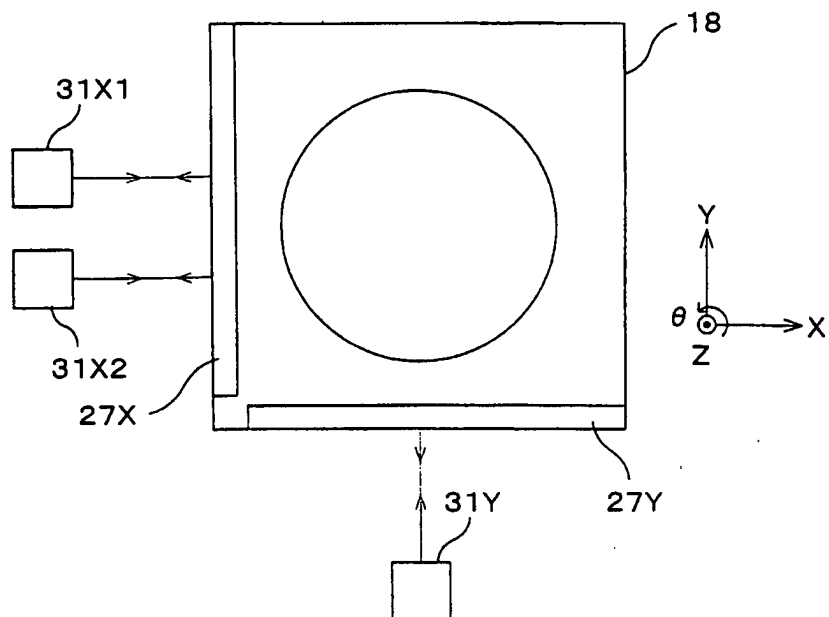


Fig. 9 B

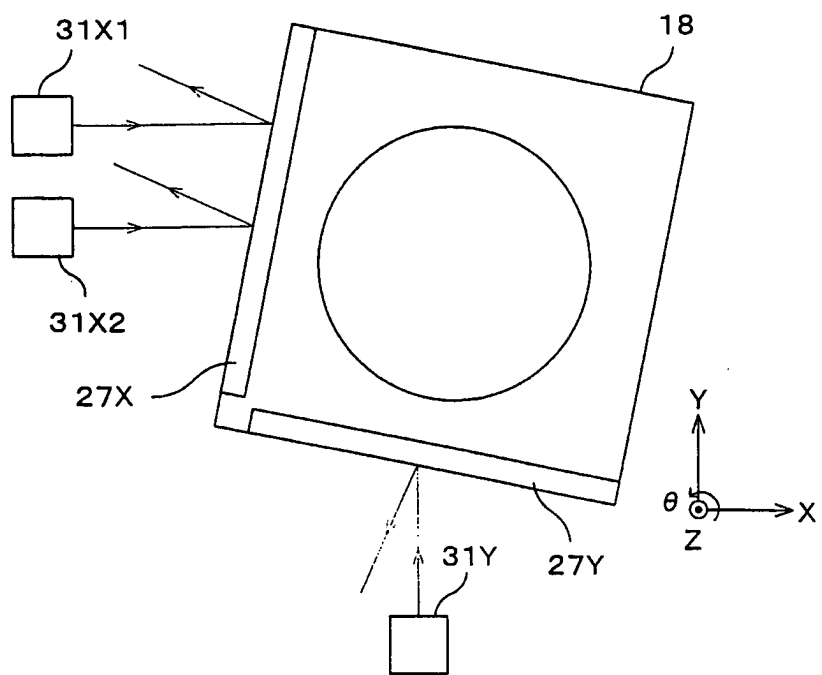


Fig. 10

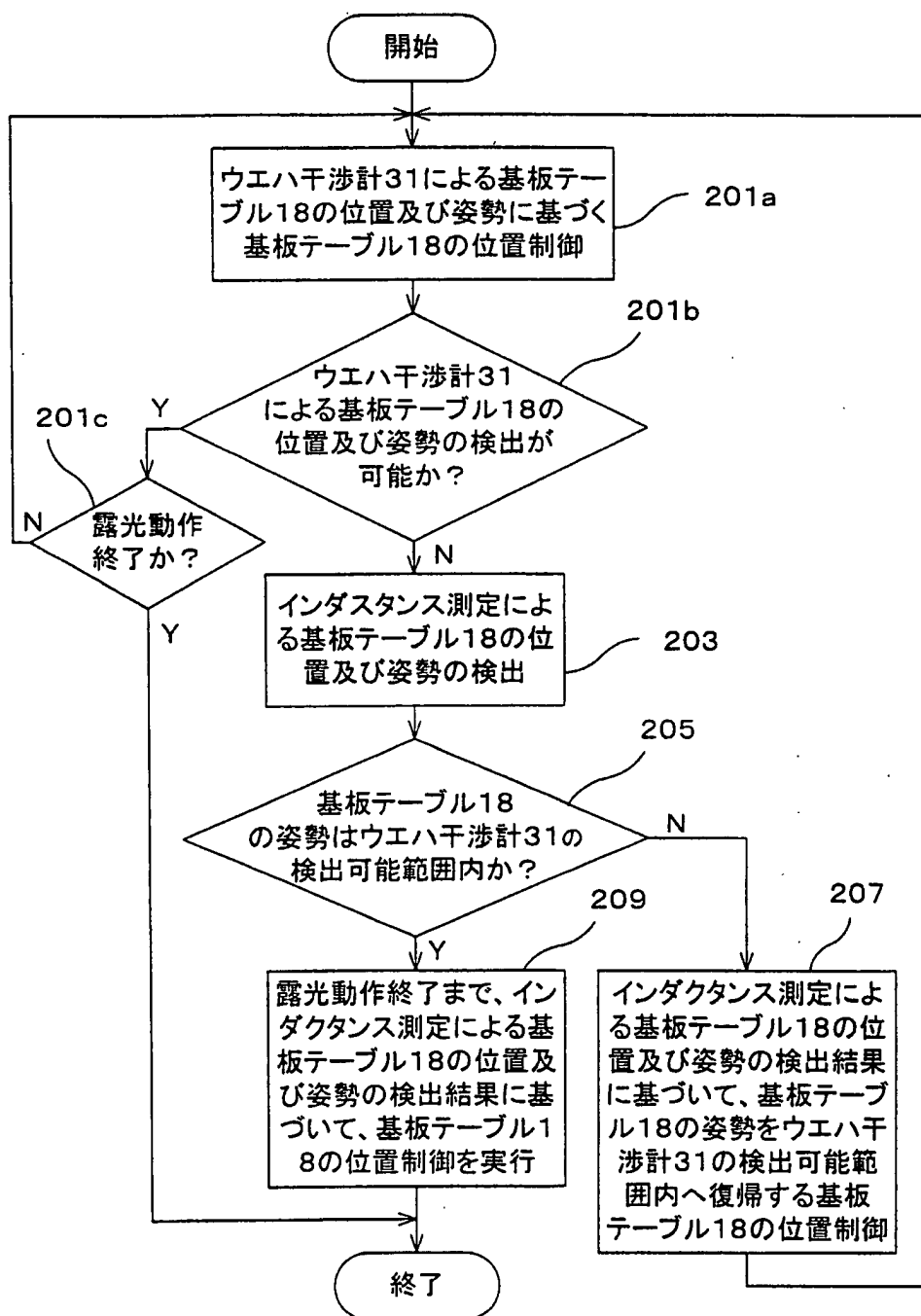


Fig. 11

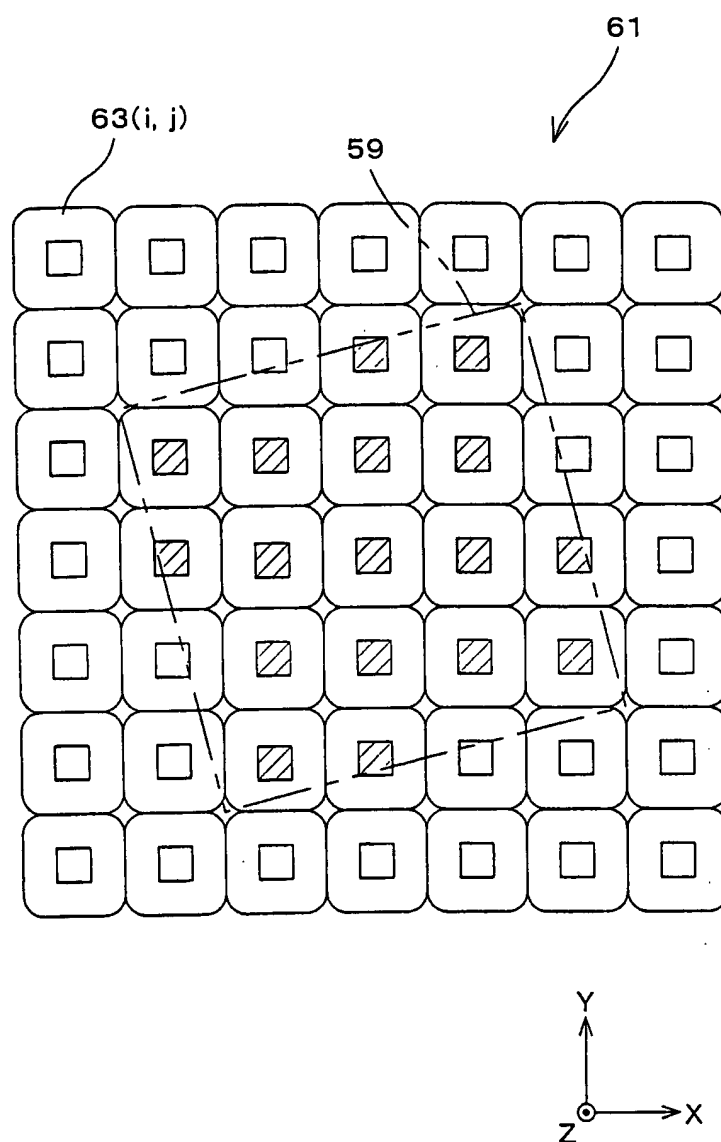


Fig. 12

63(i, j)

61

L=0	L=0	L=0	L=0	L=0	L=0	L=0
L=0	L=0	L=0.1	L=0.9	L=1	L=0	L=0
L=0	L=1	L=1	L=1	L=1	L=0.1	L=0
L=0	L=0.9	L=1	L=1	L=1	L=0.9	L=0
L=0	L=0.1	L=1	L=1	L=1	L=0.1	L=0
L=0	L=0	L=1	L=0.9	L=0.1	L=0	L=0
L=0	L=0	L=0	L=0	L=0	L=0	L=0

Fig. 13

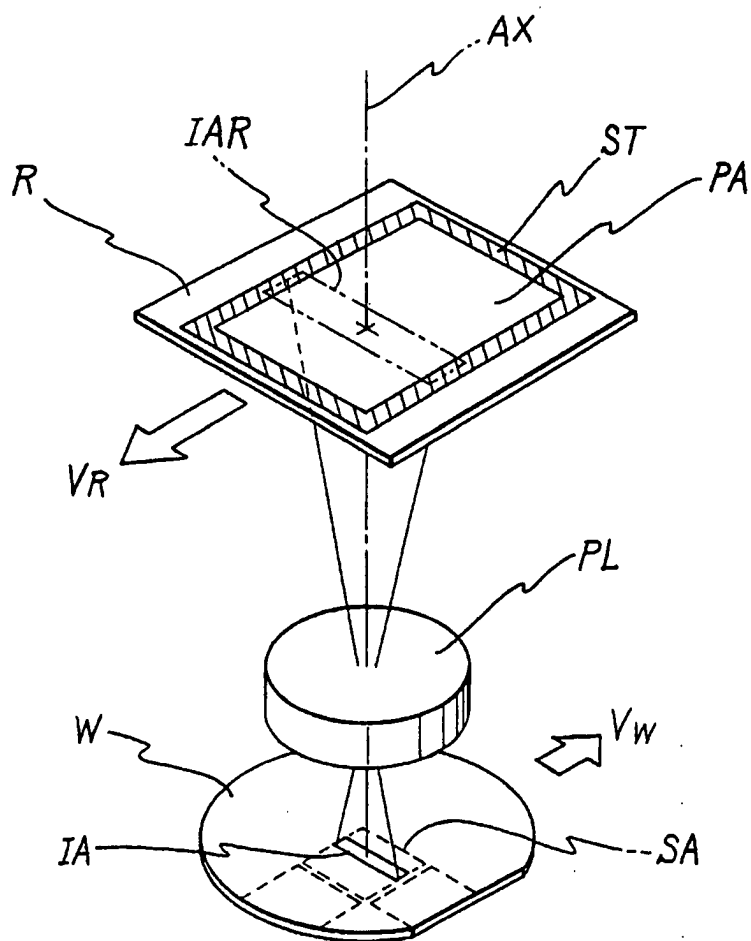


Fig. 14

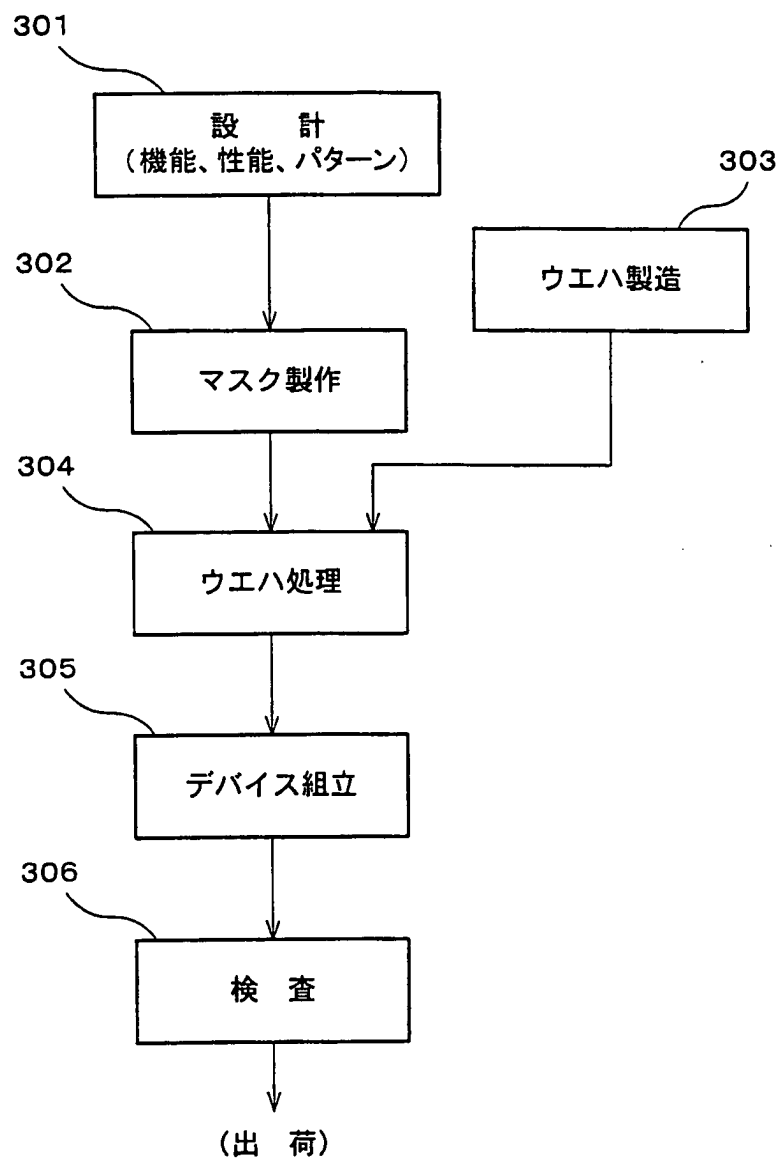


Fig. 15

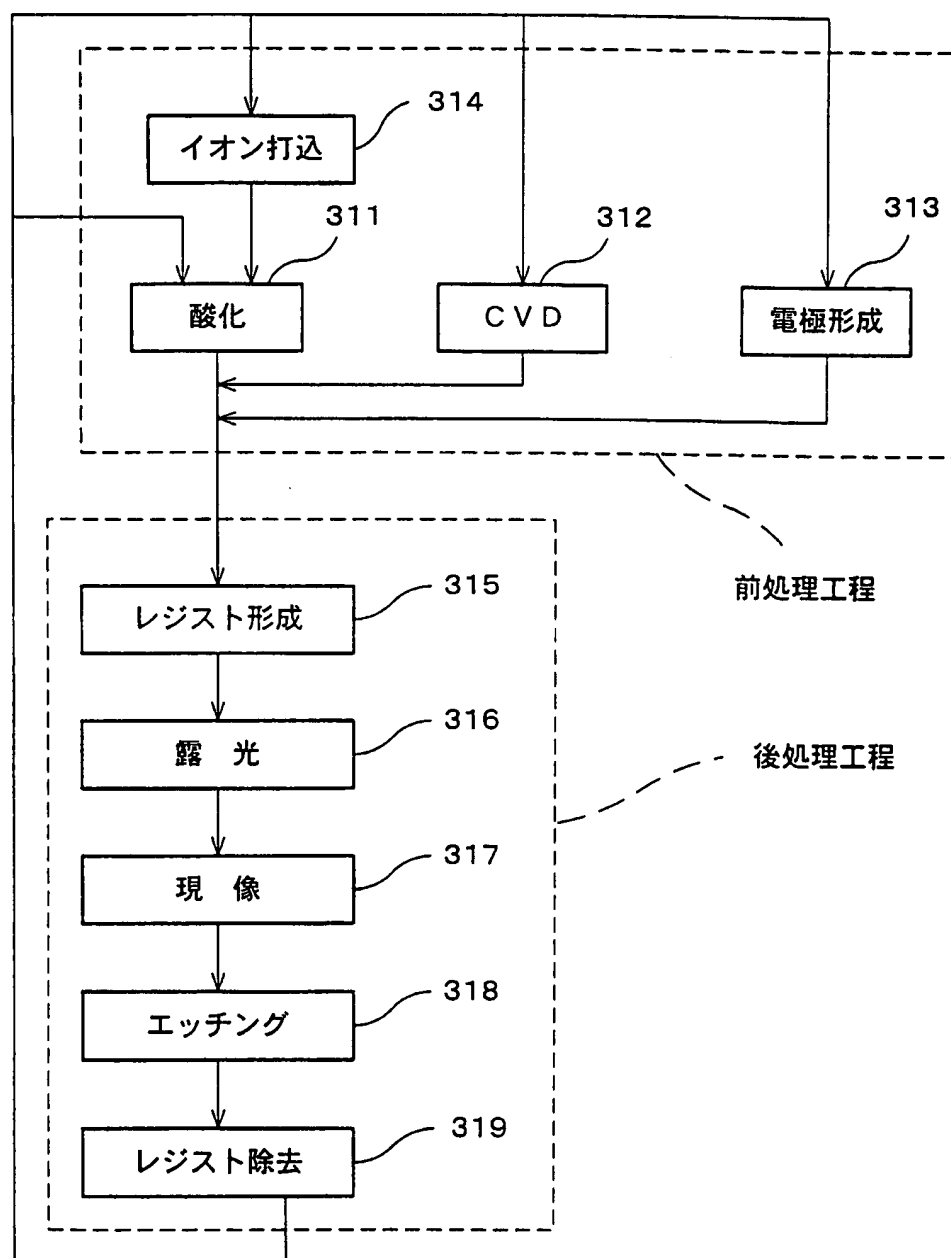




Fig. 16 A

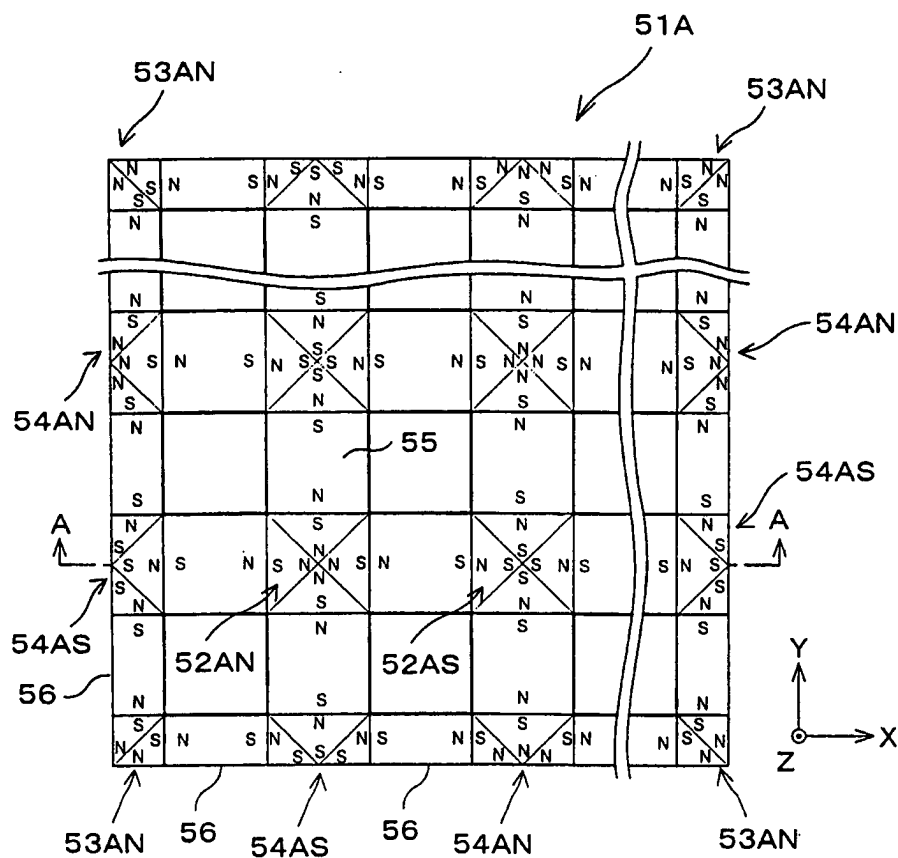


Fig. 16 B

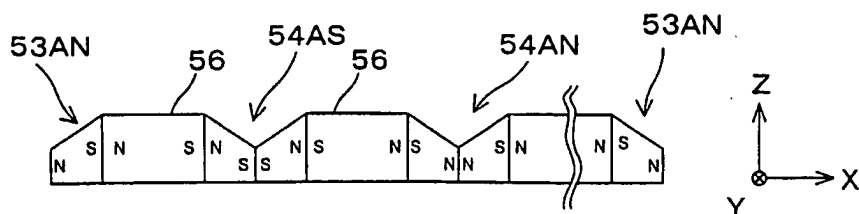


Fig. 16 C

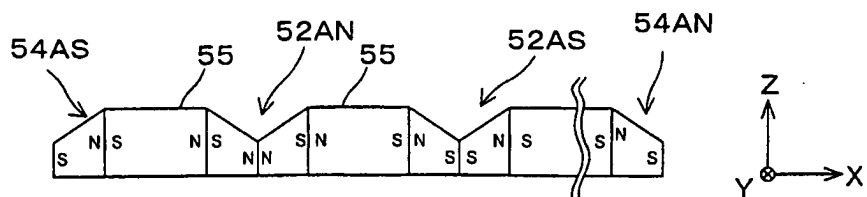


Fig. 17

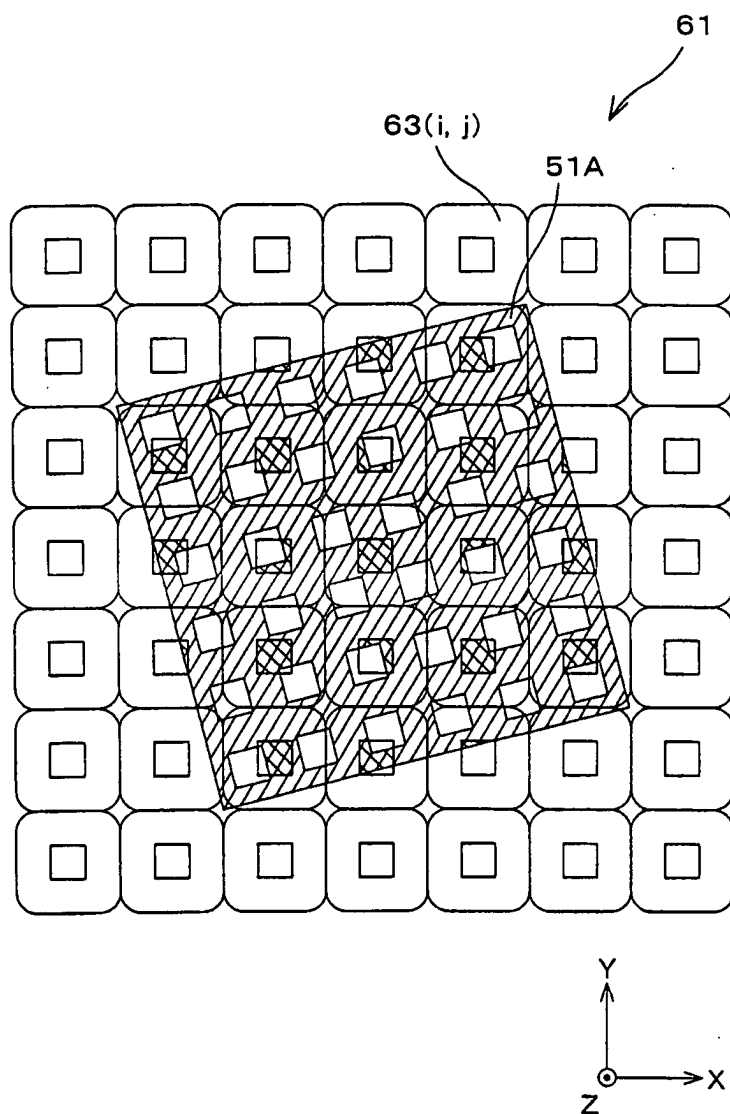


Fig. 18 A

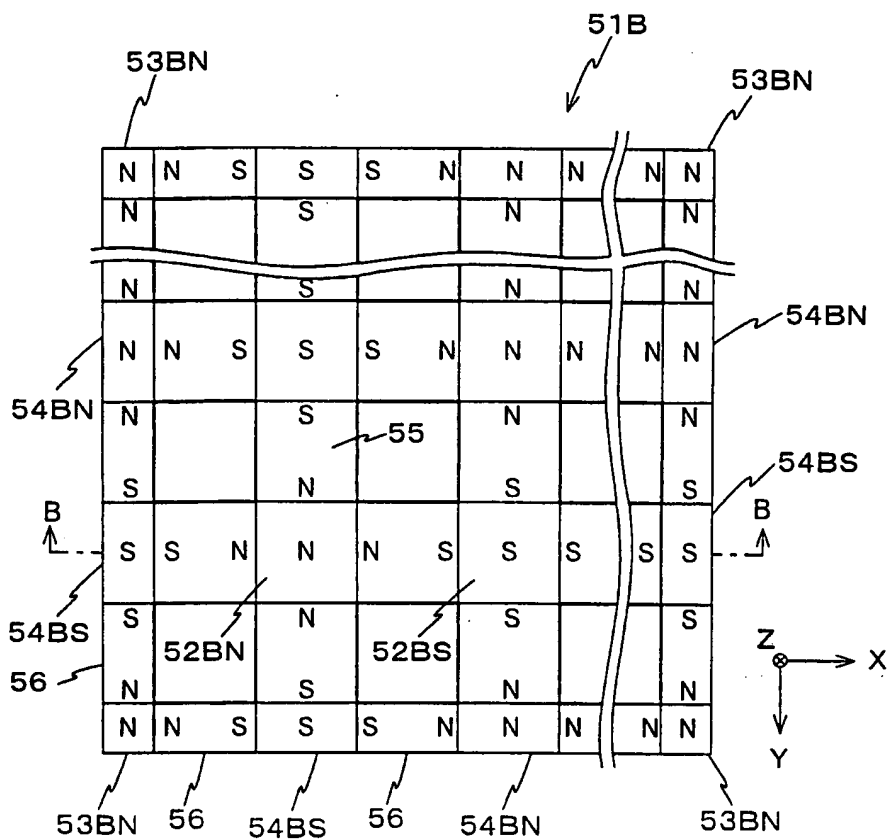


Fig. 18 B

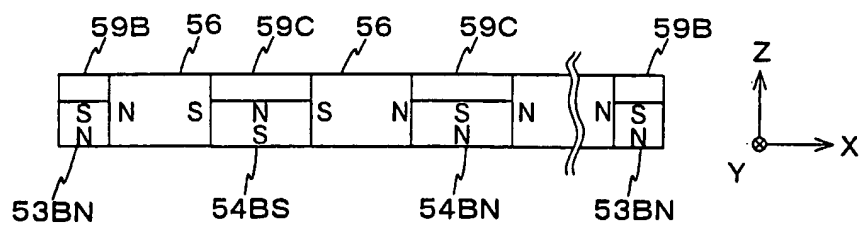
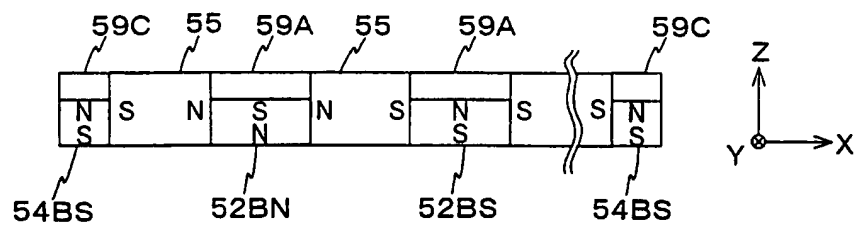


Fig. 18 C



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/00558

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H02P7/00, H02K41/03, G05D3/12, G01B7/00,  
H01L21/027, G03F9/00, G12B5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H02P7/00, H02P5/00, H02K41/00, G05D3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1995 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1994 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 10-206104, A (Makome Kenkyusho K.K.), 07 August, 1998 (07.08.98), page 3, left column, line 45 to right column, line 7 (Family: none)	1, 4, 59, 10, 12, 13, 21, 30, 33, 37, 38, 42, 45, 5 3, 62
EA	JP, 11-98813, A (Oriental Motor Co., Ltd.), 09 April, 1999 (09.04.99) (Family: none)	1-64
A	JP, 54-145911, A (BROTHER INDUSTRIES, LTD.), 14 November, 1979 (14.11.79) (Family: none)	1-64

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not  
considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing  
date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is  
cited to establish the publication date of another citation or other  
special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other  
means

"P" document published prior to the international filing date but later  
than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or  
priority date and not in conflict with the application but cited to  
understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be  
considered novel or cannot be considered to involve an inventive  
step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be  
considered to involve an inventive step when the document is  
combined with one or more other such documents, such  
combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
02 May, 2000 (02.05.00)

Date of mailing of the international search report  
16 May, 2000 (16.05.00)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO0/00558

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H02P7/00, H02K41/03, G05D3/12, G01B7/00,  
H01L21/027, G03F9/00, G12B5/00

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H02P7/00, H02P5/00, H02K41/00, G05D3/00

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1995年
日本国公開実用新案公報	1971-1994年
日本国実用新案登録公報	1996-2000年
日本国登録実用新案公報	1994-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P, 10-206104, A (株式会社マコメ研究所)、 7. 8月. 1998 (07. 08. 98)、 第3頁左欄第45行-右欄第7行 (ファミリーなし)	1, 4, 59, 10, 12, 13, 21, 30, 33, 37, 38, 42, 45, 53, 62
EA	J P, 11-98813, A (オリエンタルモーター株式会社)、 9. 4月. 1999 (09. 04. 99) (ファミリーなし)	1-64
A	J P, 54-145911, A (ブラザー工業株式会社)、 14. 11月. 79 (14. 11. 79) (ファミリーなし)	1-64

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02. 05. 00

国際調査報告の発送日

1 6.05.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

牧 初

3V

9064

電話番号 03-3581-1101 内線 3358